



• РАДИО И СВЯЗЬ •

СПРАВОЧНИК

А.А.МЯЧЕВ
В.Н.СТЕПАНОВ
В.К.ЩЕРБО

ИНТЕРФЕЙСЫ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

ББК 32.972
М 99
УДК 681.327

Рецензент А. Н. Удод

Редакция литературы по информатике

Мячев А. А. и др.

М 99 Интерфейсы систем обработки данных: Справочник/А. А. Мячев, В. Н. Степанов, В. К. Щербо; Под ред. А. А. Мячева. — М.: Радио и связь, 1989. — 416 с.: ил.

ISBN 5-256-00315-1.

Изложены стандартизация и основы организации интерфейсов, интерфейсных систем и протоколов нижних уровней различных классов систем обработки данных. Приведены сведения по внутрисистемным, межсистемным интерфейсам сосредоточенных, локальных и рассредоточенных систем обработки данных и сетей ЭВМ. Особое внимание уделено современным и перспективным интерфейсам периферийных устройств, мультимикропроцессорных систем, локальных вычислительных сетей и рассредоточенных систем управления.

Для инженерно-технических работников, занимающихся разработкой и использованием систем обработки данных.

М 2404020000-085
046(01)-89 149-89

ББК 32.972

ISBN 5-256-00315-1

© Издательство «Радио и связь», 1989

Список основных сокращений

АКД	— аппаратура окончания канала данных
АМ	— амплитудная модуляция
АПД	— аппаратура передачи данных
АФМ	— амплитудно-фазовая модуляция
АЦПУ	— алфавитно-цифровое печатающее устройство
АЧМ	— амплитудно-частотная модуляция
БВН	— без возвращения к нулю
БИС	— большая интегральная микросхема
ВВ	— ввод-вывод
ВЗУ	— внешнее запоминающее устройство
ВОС	— взаимосвязь открытых систем
ВС	— вычислительная система
ВТ	— вычислительная техника
ВУ	— внешнее устройство
ГМД	— гибкий магнитный диск
ДКУ	— децентрализованное кодовое управление
ЕС ЭВМ	— Единая система ЭВМ
З	— задатчик
ЗПР	— запрос прерывания
ЗУ	— запоминающее устройство
НВВ	— интерфейс ввода-вывода
НВК	— измерительно-вычислительный комплекс
ИГМД	— интерфейс накопителя на гибком магнитном диске
ИИС	— информационно-измерительная система
ИК	— исследовательская комиссия
ИКМД	— интерфейс накопителя на кассетном магнитном диске
ИКМЛ	— интерфейс накопителя на кассетной магнитной ленте
ИЛПС	— интерфейс линейной связи с последовательной передачей информации
ИМС, ИС	— интегральная микросхема
ИНМД	— интерфейс накопителя на магнитном диске
ИНМД-М	— интерфейс НМД модифицированный
ИНМЛ	— интерфейс накопителя на магнитной ленте
ИНМЛ-П	— интерфейс НМЛ потокового типа
ИНМЛ-К	— интерфейс НМЛ типа «Картридж»
ИРМ	— интерфейс распределенной магистрали
ИРПР	— интерфейс радиальный параллельный
ИРПР-М	— интерфейс радиальный параллельный модифицированный
ИРПС	— интерфейс радиальный последовательный
ИУС	— интерфейс управляющих систем
К	— контроллер
КВВ	— канал ввода-вывода
КДОН/ОК	— коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов
КНМЛ	— кассетный накопитель на магнитной ленте
КОП	— канал общего пользования

КПД	— канал прямого доступа
КСД	— кольцо со случайным доступом
КТД	— кольцо с тактированным доступом
КЦК	— код циклического контроля
ЛВС	— локальная вычислительная сеть
ЛМ	— локальная магистраль
МВС	— модульная вычислительная система
МК	— магистральный канал
МККТТ	— Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии
ММ	— методический материал
ММС	— магистрально-модульная мультипроцессорная система
МОС	— Международная организация по стандартизации
МП	— микропроцессор
МПД	— мультиплексор передачи данных
МПИ	— межмодульный параллельный интерфейс
МПК по ВТ	— Межправительственная комиссия по вычислительной технике стран-членов СЭВ
МС	— международный стандарт
МЭК	— Международная электротехническая комиссия
НГМД	— накопитель на гибком магнитном диске
НМ	— нормативный материал
НМД	— накопитель на магнитном диске
НМЛ	— накопитель на магнитной ленте
НМЛ-К	— накопитель на магнитной ленте типа «Картридж»
НМЛ-П	— накопитель на магнитной ленте потокового типа
НТД	— научно-техническая документация
ОЗУ	— оперативное запоминающее устройство
ОК	— открытый коллектор
СОД	— окончное оборудование данных
ОШ	— общая шина
ПВВ	— порт ввода-вывода
ПДП	— прямой доступ к памяти
ПЗУ	— постоянное запоминающее устройство
ПК	— подкомитет
ПМ	— последовательная магистраль
ПМС	— проект международного стандарта
ПНЭ	— приемопередающий элемент
ПТД	— процессор телеобработки данных
ПУ	— периферийное устройство
ПЭВМ	— персональная ЭВМ
РГ	— рабочая группа
РМВ	— реальный масштаб времени
РСУ	— распределенная система управления
РУС	— регистр управления и состояния
СБИС	— сверхбольшая интегральная микросхема
СВВ	— система ввода-вывода
СГК	— Совет главных конструкторов
СМ	— системная магистраль
СМД	— магнитный диск с сервоповерхностью
СОД	— система обработки данных
СПД	— система передачи данных
СТД	— система телеобработки данных
СТ СЭВ	— стандарт СЭВ
СЭМ	— система электронных модулей

ТК	— технический комитет
ТС	— технические средства
УВВ	— устройство ввода-вывода
УВК	— управляющий вычислительный комплекс
УВУ	— управление внешними устройствами
УПД	— усилитель-передатчик
УПМ	— усилитель-приемник
УПС	— устройство преобразования сигналов
УСО	— устройство связи с объектом
УУ	— устройство управления
ФК	— фазовое кодирование
ФЛ	— физическая линия
ФМ	— фазовая модуляция
ФЭ	— функциональный элемент
ШМД	— шина с маркерным доступом
ШСД	— шина со случайным доступом
ЦП	— центральный процессор
ЭМ	— электронный модуль
ADCCP	— Advanced Communication Control Procedures
AFNOR	— Association Francaise de Normalisation
ANSI	— American National Standard Institute
ASCII	— American Standard Code for Information Inter- change
ASN	— Abstract Syntax Notation
BSC	— Binary Synchronous Communications
BSI	— British Standards Institute
CEPT	— European Council Post and Telegraph
CCITT	— International Telegraph and Telephone Consulta- tive Committee
CCSN	— Common Channel Signalling Network
DIN	— Deutsches Institut fur Normung
DIS	— Draft International Standard
DP	— Draft Proposal
ECMA	— European Computer Manufactures Association
EIA	— Electronic Industries Association
ESONE	— European Standard Committee of Nuclear Electro- nics
FDDI	— Fibre Distributed Data Interface
GDS	— Graphic Data Syntax
HDLC	— High-level Data Link Control
IBM	— International Business Machinery
IEEE	— Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEC	— International Electrotechnical Commission
IPI	— Intelligent Peripheral Interface
ISDN	— Integrated Service Digital Networks
ISO	— International Organization for Standardization
JISC	— Japanese Industrial Standards Committee
LAPB	— Link Access Protocol Balanced
LDDI	— Local Distributed Data Interface
MAP	— Manufacturing Automation Protocol
NDL	— Network Data Language
RS	— Recommended Standard
SCSI	— Small Computer Interface
SQL	— Sequential Query Language
SDLC	— Synchronous Data Link Control
SNA	— Systems Network Architecture

Глава 1

Общая характеристика интерфейсов

1.1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

В отечественной практике для описания совокупности схемотехнических средств и функций, обеспечивающих непосредственное взаимодействие составных элементов систем обработки данных (СОД), сетей, систем передачи данных (СПД), подсистем периферийного оборудования, используются понятия «интерфейс», «стык», «протокол».

Под *стандартным интерфейсом* понимается совокупность унифицированных аппаратурных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации взаимодействия различных функциональных элементов в автоматических системах сбора и обработки информации при условиях, предписанных стандартом и направленных на обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости указанных элементов.

Понятие *стык* согласно ГОСТ 23633—79 означает «место соединения устройств передачи сигналов данных, входящих в системы передачи данных». Оно используется вместо понятия «интерфейс» для описания функций и средств сопряжения элементов средств связи и СПД.

Под понятием *протокол* понимается строго заданная процедура, или совокупность правил, регламентирующая способ выполнения определенного класса функций.

Взаимосвязь понятий интерфейс и протокол не всегда однозначна. С одной стороны, практически любой интерфейс содержит в большей или меньшей степени элементы протокола, определяемые процедурными и функциональными характеристиками интерфейса. В этом отношении понятие интерфейс шире понятия протокол.

С другой стороны, существуют протоколы, например протоколы управления обменом данными и по каналам связи, которые представляют собой достаточно самостоятельный компонент звена, системы или сети. Многие функции таких протоколов не вписываются в функции интерфейса. Кроме того, сфера действия таких протоколов в системе или сети охватывает несколько различных интерфейсов (стыков). В подобных случаях понятие протокол оказывается шире понятия интерфейс.

Близость понятий интерфейс и протокол подчеркивается тем, что во многих случаях одна и та же совокупность средств и функций взаимодействия называется в разных НТД и источниках по-разному: интерфейс или протокол (например, рекомендация X.25 МККТТ). В силу этого и сложившихся традиций средства и функции взаимодействия некоторых локальных систем или сетей (например, КАМАК, ИЛПС, PROWAY) определяются понятием интерфейс, для других

подобных систем или сетей (например, стандартизируемых в МОС ПМС 8802) — понятном протокол.

Комплексность понятий интерфейса и протокол характеризуют также используемые термины *интерфейсная система, система протоколов, физический интерфейс, логический интерфейс* и т. д.

Основное назначение интерфейсов, стыков и протоколов — унификация внутри- и междисистемных, внутри- и междосетевых связей с целью эффективной реализации прогрессивных методов проектирования функциональных элементов (ФЭ) вычислительных систем (ВС), СОД и сетей.

Основные функции интерфейсов и стыков — обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости между ФЭ системы или сети.

Информационная совместимость — согласованность взаимодействия ФЭ в соответствии с совокупностью логических условий.

Логические условия определяют: структуру и состав унифицированного набора шин; набор процедур по реализации взаимодействия и последовательность их выполнения для различных режимов функционирования; способ кодирования и форматы команд, данных, адресной информации и информации состояния; временные соотношения между управляющими сигналами, ограничения на их форму и взаимодействие.

Логические условия информационной совместимости определяют в целом функциональную и структурную организацию интерфейса. Условия информационной совместимости влияют на объем и сложность схемотехнического оборудования и программного обеспечения, а также на основные технико-экономические показатели интерфейса.

Электрическая совместимость — согласованность статических и динамических параметров электрических сигналов в системе шин с учетом ограничений на пространственное размещение устройств интерфейса и техническую реализацию приемопередающих элементов (ППЭ).

Условия электрической совместимости определяют: тип ППЭ; соотношение между логическими и электрическими состояниями сигналов и пределы их изменения; коэффициенты нагрузочной способности ППЭ и значения допустимой емкостной и резистивной нагрузки в устройстве; схему согласования линии; допустимую длину линии и порядок подключения линии к разъемам; требования к источникам и цепям электрического питания; требования по помехоустойчивости.

Большинство условий электрической совместимости и типы ППЭ обычно регламентируются стандартом. Условия электрической совместимости влияют на основные показатели интерфейса, в частности на скорость обмена данными, предельно допустимое число подключаемых устройств, их конфигурацию и расстояние между устройствами, помехозащищенность.

Конструктивная совместимость — согласованность конструктивных элементов интерфейса, предназначенных для обеспечения механического контакта электрических соединений и механической замены схемных элементов, блоков и устройств.

Условия конструктивной совместимости определяют типы: соединительных элементов (разъем, штекер и распределение линий связи внутри соединительного элемента); конструкции платы, каркаса, стойки; конструкции кабельного соединения.

Условия конструктивной совместимости в рекомендациях стандартных интерфейсов не всегда установлены полностью, а в некото-

рых могут отсутствовать или определять несколько вариантов использования.

Качество стандарта на интерфейс характеризуется соотношением, устанавливаемым между ограничениями на реализацию интерфейса и возможностями варьирования технических характеристик интерфейса с целью наиболее эффективно приспособить его к конкретной системе.

Степень стандартизации большинства используемых в ЭВМ внутрисистемных интерфейсов определяется в основном уровнем отраслевых стандартов и характеризуется значительной зависимостью от архитектурной особенности ЭВМ. Это обусловлено процессами разработки и развития ЭВМ, а также быстрой сменой технологии.

Тенденция сохранения стандартного интерфейса на определенном этапе развития технологии снижает эффективность средств использования вычислительной техники (ВТ) и СОД.

1.2. МЕЖДУНАРОДНАЯ СТАНДАРТИЗАЦИЯ

1.2.1. Общие сведения

В решении общей проблемы стандартизации в области информационно-вычислительных систем и систем передачи данных задача стандартизации интерфейсов и протоколов вызвала наиболее активную деятельность. Эта задача решается: 1) международными организациями — МОС, МККТТ, МЭК; 2) международно-групповыми объединениями — ЕСМА, МПК по ВТ, Секция 2 СЭВ; 3) национальными организациями и институтами по стандартизации — ANSI (США), AFNOR (Франция), BSI (Великобритания), DIN (ФРГ), JISC (Япония), Госстандарт (СССР) и др.; 4) профессиональными организациями — институт IEEE, объединение EIA (США), комитет ESONE и др.; 5) отдельными фирмами.

Ниже дается обзор деятельности основных перечисленных организаций в рассматриваемой области.

1.2.2. Международные организации

Международная организация по стандартизации — МОС (International Organization for Standardization — ISO) — всемирная организация, ответственная за разработку международных стандартов путем координации деятельности участвующих национальных органов стандартизации из 90 стран мира.

Стандарты МОС разрабатываются в несколько этапов. Исходный документ представляется в виде рабочего проекта (Working Draft), на основе которого создается проект предложения — ПП (Draft Proposal — DP). Как правило, ПП проходит несколько стадий обсуждения и голосования, после чего приобретает статус проекта международного стандарта — ПМС (Draft International Standard — DIS). После одной или нескольких стадий обсуждения и голосования ПМС представляется в Центральный секретариат МОС для утверждения в качестве международного стандарта (МС).

Задача стандартизации интерфейсов и протоколов решается в рамках МОС в основном силами технического комитета ТК97 и в части систем управления производством — ТК184.

ТК97 «Системы обработки информации» образован в 1961 г.

Стандартизацией интерфейсов и протоколов занимаются несколько подкомитетов ТК97, в основном ПК6, ПК21, ПК13 и ПК1.

ПК6 «Передача данных и обмен информацией между системами» (до 1984 г. — «Передача данных») сформирован в 1961 г. одновременно с образованием ТК97. В 1984 г. при реорганизации ТК97 в ПК6 была передана часть функций прежнего ПК16 «Взаимосвязь открытых систем» (1977—1984 гг.) и уточнено его название.

Сфера деятельности: стандартизация системных функций, процедур и параметров, а также условий их использования, необходимых для передачи данных между системами данных по каналам связи и/или сетям, которые находятся в сфере деятельности МОС. В ПК6 входят следующие рабочие группы: РГ1 «Уровень звена данных», РГ2 «Сетевой уровень», РГ3 «Физический уровень», РГ4 «Транспортный уровень».

Основные темы работ: соединители интерфейсов (МС: 2110, 2593, 4902, 4903, 8877) (наименования указанных здесь и ниже МС и ПМС даны в приложении 2); физические соединения между конечным оборудованием данных (ООД) и аппаратурой окончания канала данных (АКД), между ООД и ООД, а также качество сигналов на интерфейсах (МС: 7477, 7480); управление операциями резервирования интерфейсов ООД—АКД (МС 8480); применение рекомендаций МККТТ серии X (МС: 8208, 8280, 8472, 8481, 8878; ПМС: 8881, 8882, 9068); протоколы и интерфейсы локальных вычислительных сетей (ПМС 8802/1...5, 7); процедуры управления звеном данных в основном режиме (МС: 1777, 1745, 2111, 2628, 2629); протоколы и услуги уровня звена данных (МС: 3309, 4335, 7478, 7776, 8471, 8885, 8886); протоколы и услуги физического уровня; протоколы, интерфейсы и услуги сетевого уровня (МС: 8348, 8473; ПМС: 8648, 8880); протоколы и услуги транспортного уровня (МС: 8072, 8073; ПМС 8602); интерфейсы с цифровыми сетями интегрального обслуживания ISDN.

ПК21 «Доступ, передача и управление информацией» образован в 1984 г. На него была возложена часть функций расформированных подкомитетов ПК5 «Языки программирования» и ПК16.

В ПК21 входят следующие рабочие группы: РГ1 «Архитектура ВОС», РГ2 «Машинная графика», РГ3 «Системы управления базами данных», РГ4 «Управление ВОС», РГ5 «Специальные прикладные службы (виртуальных терминалов, передачи файлов, передачи заданий, управления группами прикладных процессов)», РГ6 «Службы уровня сессий, уровня представления и общеприкладные службы».

Сфера деятельности: разработка и развитие эталонной модели взаимосвязи открытых систем (ВОС), стандартизация протоколов и услуг прикладного уровня, уровня представления и уровня сессий.

Основные темы работ: протоколы и услуги уровня сессий (МС: 8326, 8327); протоколы и услуги уровня представления (ПМС: 8822—8825); машинная графика (МС 7942; ПМС: 8632, 8651); управление и языки описания баз данных (ПМС: 8907, 9075); доступ, передача и управление файлами (МС 8211, ПМС 8571); протоколы виртуальных терминалов (ПМС: 9040, 9041); передача и обработка заданий (МС: 8831, 8832); элементы услуг общего применения (ПМС: 8649, 8650); система обмена текстами (ПМС: 8505, 8883, 9066); методы и языки формализованного описания (ПМС: 8807, 9074); развитие эталонной модели ВОС (МС: 7498, 8509; ПМС 7498/ДОП 1—4)..

ПК13 «Взаимосвязь оборудования» образован в 1972 г.

Сфера деятельности: стандартизация физических системных параметров совместно с необходимыми протоколами взаимодействия вычислительных машин и подключаемых технических средств (за исключением средств телеобработки и сетей передачи данных) с использованием различных физических средств связи. В рамках ПК13 действует рабочая группа РГЗ «Интерфейсы нижних уровней».

Основные темы работ: интерфейс локальной распределенной сети передачи данных LDDI; интерфейс волоконно-оптической распределенной сети передачи FDDI (ПМС 9314/1, 2); интерфейсы для накопителей на магнитных лентах и магнитных дисках (ПМС: 9315, 9317, 9323); интерфейсы модулей памяти (ПМС 9324); интерфейс систем управления производственными процессами (МС 6548); интерфейсы нижних уровней; системный интерфейс малых ЭВМ SCSI (ПМС 9316); интеллектуальный периферийный интерфейс IPI (ПМС 9318/1—5).

ПК1 «Терминология» образован в 1970 г. В его состав входит рабочая группа РГ7 «Передача данных и вычислительные сети», которая ведет разработку терминологии в области передачи данных, распределенной обработки данных и вычислительных сетей (глобальных и локальных) (МС: 2382/09, 2382/18, 2382/21; ПМС: 2382/25, 2382/26), включая терминологию по интерфейсам и протоколам.

ТК184 «Системы автоматизации производства» сформирован в 1983 г.

Основная сфера деятельности — разработка стандартов по электрическим и механическим параметрам интерфейсов систем управления производственными процессами (ПМС: 8867, 9283).

К концу 1986 г. силами перечисленных технических комитетов МОС и их подкомитетов было разработано 22 международных стандарта и до 1990 г. запланирована разработка свыше 50 новых международных стандартов, касающихся интерфейсов и протоколов.

Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии — МККТТ (International Telegraph and Telephone Consultative Committee — CCITT) создан в 1957 г. как международный орган почтовой и телеграфной связи с задачей стандартизации в области электросвязи. В последние годы, однако, в круг его интересов вошли более высокие функциональные уровни архитектуры вычислительных систем. Стандарты МККТТ издаются под названием *рекомендации*.

В МККТТ действует 16 исследовательских комиссий (ИК). Задачи стандартизации интерфейсов систем передачи, обработки данных и вычислительных сетей решаются в основном силами ИКVII, ИКXVII, ИКXVIII, ИКI, ИКVIII, ИКIX.

ИКVII «Сети передачи данных»: стандартизация взаимодействия между различными сетями: сетями данных общего пользования (СДОП) с коммутацией каналов, СДОП с коммутацией пакетов, коммутируемыми телефонными сетями общего пользования (ТФОП), цифровыми сетями интегрального обслуживания ISDN, сетями сигнализации по общему каналу CCSN, сетями децентрализованной сигнализации, мобильными сетями и сетями частного пользования; разработка интерфейсов серии X для ООД в ISDN и новых интерфейсов для служб данных в ISDN; развитие рекомендаций по интерфейсам ООД—АКД для служб коммутации каналов и для терминальных устройств пакетного режима; эталонная модель ВОС для применений МККТТ (X.200); уровни 1—4 эталонной модели ВОС для применений МККТТ; тестирование и верификация протоколов пере-

дачи данных; методы формализованного описания для рекомендаций серии X;

ИКХVII «Передача данных по телефонным сетям»: обеспечение взаимодействия ООД с ISDN по интерфейсам серии V; тестирование АПД телефонных и широкополосных каналов связи; цепи обмена; передача данных по межконтинентальным коммутируемым телефонным соединениям; пересмотр рекомендаций серии V; уровни мощности сигналов данных при передаче по телефонным каналам; общие физические характеристики интерфейсов обмена данными; взаимодействие сетей ISDN и/или СДОП с терминалами сети ТФОП, оборудованными модемами;

ИКХVIII «Цифровые сети, включая ISDN»: общие принципы ISDN, определение принципов услуг, архитектурная функциональная модель, эталонная модель протоколов ISDN между собой и с другими сетями; интерфейсы пользователь—сеть; общие вопросы интерфейсов в сетях ISDN; взаимодействие между различными системами, основанными на разных принципах; сетевые аспекты существующих и новых уровней в сетевой иерархии;

ИКI «Определение, функционирование и вопросы качества услуг и служб телеграфной связи, передачи данных и телематики (фото-телеграфа, телекса и др.)» и ИКVIII «Оконечное оборудование для служб телематики»: стандартизация взаимосвязей служб телеграфной связи, передачи данных, телематики между собой и с другими службами;

ИКIX «Телеграфные сети и оконечное оборудование»: стандартизация взаимосвязей (в том числе международных) служб телекса, телетекса между собой и с другими сетями, а также другие задачи.

МККТТ рассматривает и утверждает свои рекомендации на пленарных ассамблеях, заседания которых происходят один раз в четыре года. Рекомендации МККТТ издаются в виде отдельных томов, различающихся и именуемых по цвету переплета: «Белая книга» (1968 г.), «Зеленая книга» (1972 г.), «Оранжевая книга» (1976 г.), «Желтая книга» (1980 г.), «Красная книга» (1984 г.). Рекомендации отдельной тематики объединяются в серии, обозначаемые латинскими буквами (серия V — передача данных по телефонным каналам связи; серия X — передача данных по сетям данных; серия I — цифровые сети интегрального обслуживания).

Европейский совет почтовой и телеграфной связи (Еuropean Council Post and Telegraph — СЕРТ) вносит вклад в работу МККТТ в виде рекомендации СЕРТ (например, рекомендации СЕРТ Т/СД 6-1 «Европейская служба интерактивного видеотелекса»).

Перечень основных рекомендаций МККТТ по интерфейсам и протоколам приведен в приложении 2.

Международная электротехническая комиссия — МЭК (International Electrotechnical Commission — IEC) основана в 1906 г., несет ответственность за стандартизацию в области электроники, включая вопросы взаимосвязи и интерфейсов оборудования определенных видов. Стандарты МЭК издаются под названием публикации. Вопросы стандартизации интерфейсов решаются в рамках технических комитетов МЭК ТК45, ТК47, ТК65, ТК57, ТК86, ТК83.

ТК45 «Ядерное приборостроение» в середине 70-х годов разработал стандарты по модульной системе обработки данных САМАС (публикации МЭК: 516, 547, 552 и др.) (см. гл. 6).

В ТК47 «Полупроводниковые устройства» стандартизацией интерфейсов занимаются подкомитеты ПК47А и ПК47В. Подкомитет ПК47А «Интегральные схемы» разрабатывает стандарты на интер-

фейсные интегральные схемы (публикация МЭК 748-4, проекты публикаций). ПК47В «Микропроцессорные системы» разрабатывает стандарты по многопроцессорной системной шине 1 (8- и 16-битовые данные) и шине 2 (8-, 16- и 32-битовые данные) (МЭК 821, проекты публикаций).

В ТК65 «Измерение и управление в производственных процессах» подкомитет ПК65С «Цифровая передача данных в системах измерения и управления» разработал стандарты по локальной вычислительной сети PROWAY для управления производственными процессами (см. гл. 9).

ТК57 «Телеуправление, телезащита и соответствующая электро-связь в энергетических системах» подготавливает стандарты по интерфейсам и протоколам систем телеуправления энергоснабжением.

В ТК86 (бывший ТК46) «Волоконная оптика» подкомитет ПК86В «Соединительные устройства волоконной оптики и пассивные компоненты» ведет разработку стандартов на интерфейсные соединители волоконно-оптических кабелей.

Новый ТК83 «Оборудование информационной технологии», созданный в 1985 г., ведет работы по стандартизации некоторых аспектов локальных вычислительных сетей (ЛВС) (общие характеристики, классификация, руководство по планированию и установке и др.).

В 1984 г. решением Советов МОС и МЭК был создан Объединенный технический программный комитет (ОТПК), в задачу которого входила координация деятельности технических органов МОС и МЭК. В 1986 г. ОТПК выдвинул предложение о создании на основе МОС/ТК97, МЭК/ТК83 и МЭК/ТК47/ПК47В Объединенного технического комитета — ОТК-1 (Joint Technical Committee — JTC-1) «Информационная технология», в сферу деятельности которого должна входить стандартизация в области систем информационной технологии (включая микропроцессорные системы) и оборудования. В 1987 г. за это предложение проголосовали все 24 национальных комитета МОС и МЭК, и оно было одобрено Советами МОС и МЭК. Первое пленарное заседание ОТК-1 состоялось в ноябре 1987 г. в Токио. Принятым решением аннулируются МЭК/ТК83, МЭК/ТК47/ПК47В и МОС/ТК97, а подкомитеты последнего становятся подкомитетами ОТК-1.

1.2.3. Международно-групповые объединения

Европейская ассоциация изготовителей вычислительных машин (European Computer Manufacturers Association — ЕСМА) организована в 1961 г. по инициативе ведущих западноевропейских компаний в области средств обработки данных с целью координации деятельности европейских изготовителей средств обработки данных по стандартизации операционных методов ЭВМ (программирование, коды ввода-вывода и др.). До 1984 г. вопросы стандартизации интерфейсов и протоколов решались в ЕСМА в основном силами трех технических комитетов: ТК23 «Взаимосвязь открытых систем», ТК24 «Протоколы передачи данных» и ТК25 «Сети данных». В результате реорганизации ЕСМА в 1984 г. оставшиеся функции этих трех ТК и новые задачи были возложены на вновь образованный ТК32 «Передача данных, сети и взаимосвязь систем».

В рамках ТК32 действует восемь рабочих групп: РГ1 «Сети данных общего пользования», РГ2 «Распределенная интерактивная обработка», РГ3 «Локальные вычислительные сети», РГ4 «Управление

взаимосвязью открытых систем», РГ5 «Распределенные службы», РГ6 «Интерфейсы с сетями коммутации частного пользования», РГ7 «Транспортный и сетевой уровни», РГ8 «Протоколы виртуальных терминалов».

Сфера деятельности ТК32: поддержание позиции ЕСМА в МОС по эталонной модели ВОС, разработка вкладов в МОС по развитию эталонной модели ВОС; разработка стандартов по услугам и протоколам всех уровней эталонной модели ВОС; разработка стандартов по управлению ВОС; исследование областей применения и возможностей стандартизации локальных систем передачи данных (например, локальных вычислительных сетей, сетей частного пользования), разработка необходимых стандартов; разработка стандартов по интерфейсам между оборудованием информационной технологии в сетях коммутации каналов частного пользования.

Перечень стандартов ЕСМА по интерфейсам и протоколам приведен в приложении 2.

Межправительственная комиссия по вычислительной технике (МПК по ВТ) стран-членов СЭВ решает задачи стандартизации в области вычислительной техники, телеобработки данных и вычислительных сетей силами нескольких органов: Совета главных конструкторов (СГК) ЕС ЭВМ, СГК СМ ЭВМ, общих секций специалистов (ОСС) при СГК ЕС ЭВМ и СГК СМ ЭВМ по сетям ЭВМ и по стандартизации программного обеспечения (ОССПО).

В СГК ЕС ЭВМ стандартизация интерфейсов и протоколов осуществляется несколькими его рабочими органами — секциями специалистов: СС3 «Архитектура вычислительных систем» (НМ МПК по ВТ: 43—81, 44—81; проекты СЭВ); СС5 «Периферийные устройства» (НМ МПК по ВТ: 10—78, 29—80; проекты СТ СЭВ); СС6 «Внешние запоминающие устройства» (НМ МПК по ВТ: 12—78, 19—78; проекты СТ СЭВ); СС7 «Телеобработка данных» (НМ МПК по ВТ: 54—82, 55—82, 66—83, 72—83, 73—84; проекты СТ СЭВ); СС8 «Стандартизация СВТ». СГК СМ ЭВМ разработал ряд стандартов в ранге нормативных материалов (НМ) МПК по ВТ и методических материалов (ММ) СМ ЭВМ по интерфейсам между процессором, устройствами памяти и периферийными устройствами ЭВМ, в частности НМ МПК по ВТ: 10—78, 11—78, 19—78, 29—80, 30—80, 34—80, 35—80; ММ СМ ЭВМ: 006—76, 007—76, 011—77, 012—77, 013—77, 014—77 (см. гл. 3). ОСС по сетям ЭВМ разработала НМ по базовой эталонной модели ВОС, по протоколам и услугам (интерфейсам) различных уровней архитектуры вычислительных сетей, в частности НМ МПК по ВТ: 92—86, 93—86, 106—87.

В 1987 г. произошла реорганизация рабочих органов МПК по ВТ, в результате которой был организован Комплексный совет главных конструкторов по ВТ и в его рамках несколько новых секций специалистов. Основные задачи по стандартизации протоколов и интерфейсов вошли в СС по вычислительным сетям и телеобработке данных, созданную на основе прежних СС7 СГК ЕС ЭВМ и ОСС по сетям ЭВМ.

Секция 2 СЭВ внедрила системы КАМАК и МЭК 625-1 в странах СЭВ, разрабатывает стандарты по локальным вычислительным сетям и интерфейсам магистрально-модульных мультипроцессорных систем (ММС), в том числе Multibus II, VME-bus.

1.2.4. Профессиональные и национальные организации

Европейский Комитет по стандартизации ядерных электронных устройств (European Standard Committee of Nuclear Electronics — ESONE) основан в 1960 г., занимается стандартизацией систем CAMAC, Fastbus, а также малых МСС (Eurobus, ESSS, G-64, VMEbus).

Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике (Institute of Electrical and Electronics Engineers — IEEE) — профессиональный орган представителей инженеров США, вырабатывает значительное число рабочих документов в некоторых областях стандартизации, в частности в области ЛВС. Стандарт IEEE 802 (в 7 частях) послужил основой для разрабатываемых в МОС/ТК9/ПК6 ПМС 8802/1...5,7.

Ассоциация электронной промышленности (Electronic Industries Association — EIA) (США) внесла заметный вклад в разработку и стандартизацию систем передачи данных. Стандарты EIA издаются под названием «рекомендуемые стандарты» (Recommended Standards — RS).

Американский национальный институт стандартов (American National Standard Institute — ANSI) разработал ряд стандартов по протоколам управления звеном данных: X3.16—66, X3.28—76 (процедуры ADCCP), которые легли в основу многих стандартов МОС. Последние разработки ANSI — в области стандартизации интерфейса FDDI для волоконно-оптической распределенной сети передачи данных. Стандарты ANSI X3T9.5/85—6, X3T9.5/83—15, X3T9.5/83—16 по FDDI легли в основу разрабатываемых в МОС/ТК97/ПК13 ПМС: 9314/1, 9314/2.

Из фирменных разработок следует выделить документы фирмы IBM по протоколам управления звеном данных BSC, SDLC и по концепции сетевой архитектуры систем SNA, которые стали фактически стандартами для промышленности средств передачи и обработки данных и послужили основой многих международных стандартов МОС.

В СССР вопросами стандартизации интерфейсов занимаются Госстандарт и отраслевые организации ведомств, производящих средства обработки данных, а также АН СССР.

В соответствующих разделах справочника более подробно рассматриваются вопросы стандартизации конкретных интерфейсов и систем.

1.3. ЭТАЛОННАЯ МОДЕЛЬ

1.3.1. Общие сведения

С целью объединения работ по стандартизации, проводимых различными организациями и фирмами, в 1977 г. ТК97 МОС утвердил подкомитет ПК16 «Взаимосвязь открытых систем». В задачу ПК16 входила разработка такой эталонной модели, которая послужила бы основой всех новых международных систем распределенной обработки информации. К решению этой задачи приступил также МККТТ, установив тесное взаимодействие с деятельностью ПК16.

В результате сопоставительного анализа различных сетевых концепций и архитектур ПК16 выбрал сетевую концепцию ВОС, близкую к концепции SNA фирмы IBM. Как и SNA, концепция ВОС основана на семиуровневой модели. Но в отличие от SNA, ориентированной

на однородную вычислительную сеть, все средства которой разработаны одной и той же фирмой и определяют внутреннюю архитектуру сети, концепция ВОС была ориентирована на неоднородную среду, на обеспечение взаимосвязи между изделиями, системами и сетями различных изготовителей.

В мае 1983 г. работа ПК16 завершилась принятием в МЭС МС 7498 «Базовая эталонная модель взаимосвязи открытых систем» и почти одновременно принятием в МКК1Т одноименной рекомендации Х.200. В конце 1984 г. вышли согласованные в редакционном и техническом отношении тексты обоих документов.

1.3.2. Понятие архитектуры ВОС

В сфере ВОС четко различимы три степени абстрагирования: архитектура, определение услуг и спецификация протоколов.

Архитектура ВОС представляет собой высшую степень абстрагирования в концепции ВОС. Понятие «архитектура» охватывает очень широкий круг аспектов, начиная от основы разработки, включая конкретную форму организации, и кончая оборудованием. Эталонная модель ВОС оперирует элементами архитектуры (системы, уровни, логические объекты, услуги, протоколы, сетевые имена, соединения), типами объектов открытой системы и определяет общие взаимоотношения между этими объектами.

Определения услуг налагают более жесткие по сравнению с архитектурой ограничения на протоколы и логические реализации соответствующего уровня. Услуги определяют абстрактный интерфейс данного уровня с помощью первичных элементарных операций (примитивов), которые может запросить пользователь данного уровня, не интересуясь ни способом реализации этого интерфейса, ни самим фактом его существования.

Спецификации протоколов ВОС налагают еще более жесткие ограничения на логические реализации и четко определяют конкретную управляющую информацию и конкретные процедуры, используемые для интерпретации этой информации. Протокольные спецификации ограничивают логические реализации до такой степени, что позволяют открытым системам взаимодействовать между собой при сохранении различий их физических реализаций.

В сфере ВОС можно реализовать только протоколы ВОС, конкретные же изделия могут соответствовать только этим протоколам. Соответствие двух различных изделий эталонной модели еще не означает, что они могут взаимодействовать между собой. Для этого необходимо их соответствие одному и тому же протоколу.

Степень абстрагирования модели меняется также по уровням архитектуры. Функции самого верхнего прикладного уровня и его задачи определены в самом общем виде, с понижением уровня повышается степень конкретизации его функций и увеличивается их зависимость от физической среды.

Уровневая организация архитектуры основана на следующих принципах, изложенных в документе МС 7498: создавать отдельные уровни для реализации таких функций, которые имеют четкие отличия от других функций по выполняемым процессам или по используемой технологии; устанавливать границы между уровнями в тех местах, выгоды которых доказана накопленным опытом; создавать несколько уровней тогда, когда имеется необходимость в различных степенях абстрагирования при описании операций по обработке данных (например, морфология, синтаксис, семантика).

В эталонной модели ВОС обеспечивается связь между прикладными процессами, протекающими в различных системах обработки и/или передачи данных. При этом каждая система рассматривается как иерархическая совокупность подсистем, образуемых в результате пересечения систем с уровнями. Таким образом, уровень представляет собой совокупность локально объединенных подсистем одного ранга. Каждый уровень содержит множество логических объектов, распределенных по взаимосвязанным открытым системам.

1.3.3. Краткая характеристика уровней

Семиуровневая архитектура ВОС представлена на рис. 1.1. Рассмотрим кратко функциональное назначение каждого уровня.

Физический уровень обеспечивает механические, электрические, функциональные и процедурные средства установления, поддержания

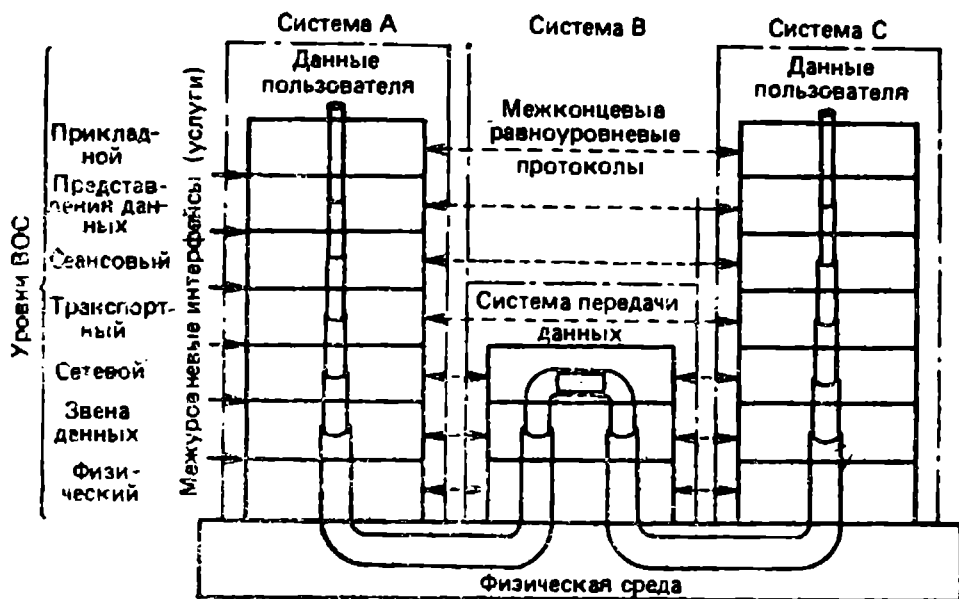


Рис. 1.1. Семиуровневая архитектура ВОС по МС 7498

и разъединения физических соединений. Его функции и характеристики определяются типом используемой физической среды, под которой понимается физический материал (телефонный, телеграфный, широкополосный канал связи, соединительная линия, электрический кабель, волоконно-оптический кабель и другие средства связи), по которому перемещается информация. Для каждого вида физической среды на физическом уровне определен свой протокол и интерфейс со смежным уровнем звена данных. Физический уровень обеспечивает услуги для уровня звена данных.

Уровень звена данных содержит функциональные и процедурные средства передачи между компонентами сетевого уровня, выполняет функции установления, поддержания и разъединения звена данных и общее управление звеном данных. Протоколы и услуги уровня звена данных существенно зависят от физических средств передачи данных. Для обеспечения эффективного использования различных средств передачи данных также может потребоваться несколько про-

токолов (хотя уже в меньшем количестве, чем для физического уровня), ориентированных на конкретные особенности этих средств. Уровень звена данных с участием физического уровня предоставляет услуги расположенному выше сетевому уровню.

Сетевой уровень выполняет функции маршрутизации, адресации, организации и поддержания виртуальных соединений, формирование, расформирование и адресацию пакетов, управляет потоками пакетов и приоритетностью их передачи. Сетевой уровень обеспечивает независимость расположенных выше уровней от методов передачи, от функций трансляции и маршрутизации и маскирует от транспортного уровня все особенности реальных средств связи. С этой целью во внутренней организации сетевого уровня (МС 8648) выделено три подуровня, каждый со своим протоколом: протокол доступа к СПД; протокол, зависящий от особенностей СПД; протокол, независимый от особенностей СПД.

Транспортный уровень выполняет функции адресации конечных абонентов, установления соответствия между адресами и сетевыми именами абонентов, разборку и сборку сообщений сеансового уровня и доставку данных от системы-источника к системе-адресату. Этот уровень освобождает расположенные выше уровни от всех забот по передаче данных. В некоторых случаях граница между транспортным и сетевым уровнями совпадает с традиционной границей между сферой владельцев сети и сферой ее пользователей. Транспортный уровень обеспечивает требуемое качество и стоимость услуг для сеансового уровня.

Сеансовый уровень содержит механизмы организации структуры взаимодействий между прикладными процессами. Эти механизмы позволяют реализовать двусторонний одновременный или поочередный обмен данными, поддерживать синхронизацию взаимодействия, управления взаимодействием. По существу сеансовый уровень обеспечивает структуру управления взаимодействием, определяет начало и окончание заданий (нормальное или срочное), время, длительность и режим ведения диалога, восстановление после ошибок связи во время сеанса без потери данных.

Уровень представления выполняет функции преобразования синтаксиса и форматов данных, кодов, символьных строк, изображений алфавитно-цифровых и графических данных, функции организации файлов, типов данных, форматирование и компоновку данных. Основное назначение этого уровня состоит в том, чтобы обеспечить независимость прикладных процессов от различий в форме представления и от синтаксиса данных.

Прикладной уровень содержит прикладные процессы, обеспечивающие обработку информации. Его основное назначение — смысловое содержание (семантика) всех содержащихся в нем процессов. В состав реальной системы ВОС входит только часть прикладного уровня. Эта часть, охватывающая общие протоколы прикладного уровня для обращения к услугам ВОС а также протоколы применений ВОС и управления системой, разрабатывается в рамках элементов услуг общего применения, виртуальных файлов, виртуальных терминалов, передачи заданий. Однако большая часть протоколов прикладного уровня подлежит определению пользователями ВОС. Общие услуги прикладного уровня — это только средства, с помощью которых пользователи ВОС обращаются друг к другу.

Распределение по уровням эталонной модели ВОС международных стандартов и рекомендаций по интерфейсам и протоколам приведено в табл. 1.1,

Таблица 1.1. Международные стандарты и рекомендации по эталонной модели ВОС

Уровень	Стандарты МОС	Рекомендации МККТГ	Стандарты ЕСМА	Стандарты других организаций
<i>Стандарты уровней архитектуры</i>				
Прикладной	МС: 7942, 8211, 8907; ПМС: 8505, 8571, 8632, 8649, 8650, 8651, 8805, 8807, 8831, 8832, 8883, 9040, 9041, 9066, 9074, 9075 ПМС: 8822, 8823, 8824, 8825	X.400, X.401, X.408, X.409, X.410, X.411, X.430	85, 87, 88, 93, 96, 101	—
Представление данных		X.420	84, 85	—
Сеансовый	МС: 8326, 8327	X.215, X.225	75	INWC 96 (IFIP)
Транспортный	МС: 8072, 8073; ПМС: 8602	X.214, X.224, T. 70	72	
Сетевой	МС: 8208, 8348, 8473, 8878; ПМС: 8472, 8648, 8881, 8882, 9068	X25, X.75, X.32	92, 106, 112	—
Звена данных	МС: 1155, 1177, 1745, 2111, 2382/ 09, 2628, 3309, 4335, 7478, 7776, 7809, 8471, 8885; ПМС: 8886, 9234, 9314/2	X.21, X.25 (см. также табл. 4.1 и 4.12)	16 24, 26, 27, 28, 29, 37, 40, 49, 60, 61, 71, 82, 89, 90, 105	X3.28, X3.66 (ANSI), BSC, SDLC (IBM), DDCMP (DEC), HM МПК по ВТ, проект СТ СЭВ, проект ГОСТ См. табл. 4.1
Физический	МС: 2110, 2382/09, 2593, 4902, 4903, 7480, 8280, 8481, 8482, 8877, 9067; ПМС: 9314/1, 9234	X.21, X.211 (см. так- же табл. 4.1 и 4.12)	80, 81, 102, 103, 104	
<i>Общесетевые стандарты</i>				
—	МС: 7498, 2382/18, 2382/21, TR 8509; ПМС: 2382/26, 8807, 9074	X.200, X.210, X.250, I.320	97	SNA (IBM), DNA (DEC), HM МПК по ВТ

При прохождении единицы данных пользователя через уровни к ней на каждом уровне добавляется в виде заголовка и концевого протокольная управляющая информация (ПУИ), что изображено на рис. 1.1 в виде последовательных утолщений линий потока данных.

Обмен данными между логическими объектами одного и того же уровня различных систем происходит в форме протокольных блоков данных (ПБД), а между логическими объектами смежных уровней одной и той же системы — в виде сервисных блоков данных (СБД). Один СБД может передаваться между логическими объектами в виде одного или нескольких интерфейсных блоков данных (ИВД). В этом случае ИВД состоит из ПУИ и СБД или его части.

В архитектуре ВОС рассматриваются два вида интерфейсов — между логическими объектами уровня и его внешней средой и между логическими объектами уровней. В рамках ВОС интерфейсы первого типа не стандартизируются, стандарты лишь налагают ограничения на взаимодействие систем. Выбор конкретного интерфейса зависит от системы и входит в компетенцию разработчика, реализующего стандарты ВОС.

Интерфейсы между уровнями представляют в виде услуг, т. е. функциональных возможностей, которые уровень предоставляет верхнему смежному с ним уровню. Привлечение услуг нижнего смежного уровня достигается набором служебных примитивов, которыми обмениваются оба уровня через интерфейс между ними. Примитивы имеют абстрактный характер, т. е. не зависят от реализации и не определяют ее, а служат только для иллюстрации и описания взаимодействия между пользователем услуги и ее поставщиком. Для организации такого взаимодействия определено четыре типа служебных примитивов: «Запрос» — выдается локальным пользователем услуги локальной системы для запуска какой-либо процедуры; «Индикация» — выдается поставщиком услуги для указания о запуске процедуры удаленным пользователем; «Ответ» — выдается удаленным пользователем услуги для указания о выполнении запрошенной процедуры; «Подтверждение» — выдается поставщиком услуги локальному пользователю для сообщения о завершении запрошенной процедуры.

Следует заметить, что не все услуги требуют выполнения всех четырех типов примитивов.

1.3.4. Развитие эталонной модели

Концепция базовой эталонной модели ВОС нашла поддержку и применение во многих странах. Институт ANSI (США) в своем генеральном плане работ потребовал соответствия эталонной модели ВОС всех работ по стандартизации данного направления. В Великобритании принято решение о внедрении архитектуры ВОС на государственном уровне. Во Франции архитектура ВОС принята под названием Architel. В странах-членах СЭВ осуществлено прямое внедрение МС 7498 в виде НМ МПК по ВТ 106—87. В МОС и МККТТ продолжаются работы над ВОС как в плане ее углубления, детализации, так и в плане расширения ее возможностей и применения.

Сразу же после определения базовой эталонной модели ВОС, ее семиуровневой архитектуры начались работы по определению протоколов каждого уровня и межуровневых интерфейсов (услуг уровней). Разработка основополагающих стандартов по этим вопросам

для основных режимов работы в МОС и МККТТ практически завершена.

Другой важный элемент дальнейших работ по ВОС — создание методов формализованной спецификации и верификации, причем не только для эталонной модели, но и для более детализированных протоколов и услуг каждого уровня. Эти работы проводятся в МОС и МККТТ.

Базовая эталонная модель ВОС, а также первоначальные проекты МОС по протоколам и интерфейсам отдельных уровней ориентированы на режим работы с предварительным установлением соединений между взаимодействующими объектами сети. Вслед за этим в МОС и МККТТ начались работы по стандартизации режима работы без установления соединения между взаимодействующими объектами (датаграммный метод). Работы проводятся в плане разработки как дополнений к уже существующим стандартам, так и создания самостоятельных стандартов.

В МККТТ продолжаются работы по применению принципов ВОС к цифровым сетям интегрального обслуживания ISDN. Ставится задача создания стандартов для всех коммутируемых сетей цифровых сетей связи, которые обеспечили бы большинство обычных услуг, включая передачу речи, данных, факсимильных сообщений, видеосигналов, электронную почту и др. Новые требования, возникающие в ходе работ по ISDN, должны в свою очередь оказать обратное влияние на архитектуру ВОС: для непрерывного развития она должна допускать возможности добавлений, расширений и адаптации.

Новой задачей в развитии ВОС является разработка архитектуры ЛВС в тесной увязке с архитектурой и концепцией ВОС. Особенности физической среды, конфигураций и методов доступа к среде в ЛВС накладывают свою специфику на структуру и организацию нижних уровней архитектуры ВОС.

1.4. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСОВ

1.4.1. Общие понятия

Линии интерфейса — электрические цепи, являющиеся составными физическими связями интерфейса.

Шина — совокупность линий, сгруппированных по функциональному назначению.

Магистраль — совокупность всех линий интерфейса. Выделяются две магистрали: информационного канала и управления информационным каналом.

По *информационной магистрали* передаются коды адресов, команд, данных, состояния. Аналогичные наименования имеют соответствующие шины интерфейса.

Шины адреса предназначены для выборки в магистрали узлов устройства, ячеек памяти. Для логической адресации в основном используется двоичный код. В некоторых интерфейсах применяется позиционное или географическое кодирование, при котором каждой позиции (месту) выделяется отдельная линия выборки. В этом случае используется термин «географическая адресация».

Шины (коды) команд используются для управления операциями на магистрали. В стандартах на интерфейс регламентируется минимально необходимый набор команд. В некоторых интерфейсах часть

кодов команд резервируется для расширения в дальнейшем (или пользователем). По функциональному назначению различают следующие команды: адресации, управления обменом информацией, изменения состояния и режимов работы. Адресные команды используются для задания режимов адресации: вторичной, широковещательной, групповой и т. п. Наиболее распространенными командами являются: чтение, запись, конец передачи, запуск.

Шины данных используются для передачи в основном двоичных кодов (в формате машинных кодов во внутрисистемных интерфейсах, стандартных кодов типа ASCII в интерфейсах измерительных систем). Как правило, в параллельных интерфейсах шины данных кратны байту (8, 16, 24, 32 разряда), в некоторых интерфейсах байты сопровождаются битами четности (паритета), а также идентификаторами разрядности передаваемых данных (1, 2, 3, 4 байта).

Шины (коды) состояния используются для передачи сообщений, описывающих результат операции на интерфейсе или состояния устройств сопряжения. Коды формируются в ответ на действие команд или отображают состояние функционирования устройств, таких, как готовность, занятость, наличие ошибки и т. д. В наиболее стандартизованных интерфейсах разряды состояния унифицированы для любых типов устройств, в других — носят рекомендательный характер или отсутствуют.

В большинстве интерфейсов коды адресов, данных, команд, состояний передаются по шинам интерфейса в режиме временного мультиплексирования сигнала по одним и тем же линиям с использованием дополнительных линий идентификации типа передаваемой информации. При этом существенно сокращается число линий информационной магистрали, однако происходит снижение быстродействия передачи информации.

Перспективные параллельные интерфейсы СОД характеризуются преимущественным использованием мультиплексируемых магистралей.

Магистраль управления информационным каналом по функциональному назначению делится на следующие шины: управления обменом, передачи управления, прерывания, управления режимом работы, специальных сигналов.

Шина управления обменом включает в себя линии синхронизации передачи информации. В зависимости от используемого принципа обмена (синхронного, асинхронного) число линий может меняться от одной до четырех. При синхронной передаче темп выдачи и приема данных задается регулярной последовательностью сигналов (в том числе по переднему и/или заднему фронту сигнала синхронизации), с использованием одной или двух отдельных линий, выполняемых в основном двунаправленными. Асинхронная передача происходит при условии идентификации приемником (приемниками) готовности к приему и завершается подтверждением о приеме данных.

Шина передачи управления используется для реализации операций приоритетного занятия магистрали информационного канала (арбитража ресурсов шины). Состав и конфигурация шины зависят от структуры управления интерфейсом. Различают децентрализованную и централизованную структуры. В интерфейсах двухточечного подключения двух устройств (типа ИРПР, ИРПС) шина передачи управления отсутствует.

Шина прерывания применяется в основном в системных интерфейсах ЭВМ и программно-модульных систем управления и измерения для идентификации устройства, запрашивающего сеанс связи.

Устройство идентифицируется либо адресом источника прерывания, либо адресом программы обслуживания прерывания, так называемым вектором прерывания.

Шины управления режимом работы и специальных управляющих сигналов содержат линии, обеспечивающие работоспособность интерфейса, в том числе приведение устройств в исходное состояние, контроль источников питания, контроль и службу времени и т. п.

1.4.2. Структура связей интерфейсов

Структуры подразделяются на следующие классы: магистральную, радиальную, цепочечную и смешанную (комбинированную). Возможность взаимосвязи устройств (связность линии) также характеризуется использованием однонаправленных или двунаправленных способов передачи сигналов. В перспективных интерфейсах в основном используют двунаправленные линии.

1.4.3. Функциональная организация интерфейсов

Можно выделить ряд основных функций, реализация которых обеспечивает информационную совместимость. К ним относятся: селекция информационного канала, синхронизация обмена информацией, координация взаимодействия, функции обмена и преобразование формы представления информации.

Селекция (арбитраж) обеспечивает выполнение процесса взаимодействия сопрягаемых элементов системы посредством разрешения конфликтов двух уровней: при доступе устройства к информационному каналу интерфейса, при доступе одного устройства к другому. Первый уровень разрешается селекцией информационного канала, второй — координацией взаимодействия. Централизованная структура управления селекцией характеризуется наличием отдельного функционального узла управления операциями селекции (арбитра) и в основном наличием разомкнутых линий шин передачи управления и прерывания. В децентрализованной структуре схема арбитра симметрично распределена по устройствам сопряжения, а соответствующие линии являются двунаправленными или замкнутыми однонаправленными.

Основные варианты реализации селекции централизованной структуры:

1. Временная селекция магистрали на основе генератора арбитра, при которой магистраль предоставляется каждому устройству через равные промежутки времени и моменты ее занятия определяются синхронно работающими в каждом подключенном устройстве счетчиками.

2. Последовательное адресное сканирование источников запроса, осуществляемое по общему сигналу запроса и выполняемое последовательной кодовой адресацией всех подключенных устройств в соответствии с принятой дисциплиной обслуживания. При обнаружении источника запроса прекращается дальнейшая выдача адресов, устанавливается сигнал «Занято». После обслуживания данного запроса возобновляется поиск следующего источника запроса.

3. Последовательная (цепочечная) селекция, начинаемая по сигналу «Запрос» и выполняемая посредством выдачи сигнала «Подтверждение», последовательно проходящего через все устройства.

При поступлении сигнала в устройство (источник запроса с наивысшим приоритетом) его дальнейшее прохождение блокируется и устройство выставляет на магистраль сигнал «Занято».

4. Селекция по выделенным радиальным линиям «Запрос» и «Подтверждение». Способ характеризуется меньшим временем селекции, гибкостью установления дисциплины обслуживания, достигаемыми, однако, за счет существенного увеличения числа линий и усложнения схмотехнического оборудования.

Основные варианты реализации схем селекции децентрализованной структуры:

1. Параллельное адресное сравнение или децентрализованное кодовое управление (ДКУ), сущность которого заключается в параллельном выделении приоритетного кода запроса посредством поразрядного сравнения кода приоритета в асинхронном режиме одновременно во всех устройствах интерфейса, выставивших запросы. Фиксация окончания процесса выделения наиболее приоритетного кода может быть выполнена синхронно (более целесообразный способ) и асинхронно. Последний способ более быстродействующий, однако требует увеличения числа связей и усложнения структуры интерфейсных узлов.

2. Однолинейное ДКУ (проводное логическое И), сущность которого заключается в последовательном выделении кода запроса посредством поразрядного сравнения передаваемых кодов (включая различные адреса источников, признаки операции и другие разряды, в том числе сообщения). При этом взаимная синхронизация нескольких ведущих устройств осуществляется с помощью отдельной линии синхронизации. Приоритетность определяется схемой арбитра (проводное логическое И), использующей адресное поле устройства, которое первым генерирует сигнал синхронизации. Вариант реализуется в малых локальных сетях типа I²C, D²B, и в последовательных интерфейсах современных интерфейсных систем.

3. Кольцевая однолинейная схема с применением циркулирующего по линии маркера (импульса или серии импульсов). Устройство, запрашивающее шину, не пропускает маркер к следующему устройству, и, таким образом, циркуляция маркера прекращается. Способ преимущественно реализуется в локальных сетях.

4. Замыкание общей линии «Запрос» с линией «Подтверждение» и прохождение сигнала «Подтверждение» до устройства, выставившего запрос и ближайшего к участку замыкания.

Основные операции селекции запросов: инициирование, выделение приоритетного запроса и его идентификация.

1. Инициирование запроса включает процедуры выдачи, хранения и восприятия запроса на организацию процесса взаимодействия. В основном сигналы запросов от устройств объединяются «дизъюнктивно» на шине (шинах) запросов или воспринимаются по отдельным радиальным линиям и сохраняются до освобождения информационного канала либо в регистре запросов арбитра, либо на отдельных триггерах каждого интерфейсного блока (при магистральной структуре шины запроса).

2. Выделение приоритетного запроса для централизованной структуры осуществляется по условию

$$Z_{\text{пр}} = Z_B Z_R [Z_1 (\bar{Z}_1 Z_2) \vee \dots \vee (\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 \dots \bar{Z}_k Z_k)],$$

где Z_B — сигнал занятости информационного канала; Z_R — сигнал разрешения приоритетного сравнения, обычно $Z_B = Z_R$; Z_k — сигнал запроса наименьшего приоритета; k — число уровней приоритета.

Для децентрализованной структуры

$$Z_{\text{пр}} = \bigvee_i^k Z_i [Z_i \nabla (\bar{Z}_1 Z_2) \nabla \dots \nabla (\bar{Z}_1 \bar{Z}_2 \dots Z_k)].$$

Схемотехническая реализация логических выражений может быть выполнена последовательным, параллельным и параллельно-последовательным соединениями интерфейсных блоков линиями (линиями) приоритетной выборки.

3. Идентификация запроса заключается в определении адреса приоритетного источника запроса. Операция выдачи приоритетного кода в зависимости от способа его выделения выполняется: параллельно в структурах с параллельным сравнением; последовательно в структурах с цепочечным соединением устройств. Адреса могут быть заданы двоичным или позиционным кодом и передаваться по адресной или информационной шине.

Синхронизация определяет согласование процессов взаимодействия между ФЭ системы. При синхронном взаимодействии интервал времени смены состояния процесса передачи не меньше самого длительного интервала времени изменения состояния приема. При синхронном взаимодействии между процессами передачи и приема существует отношение предшествования.

Выделяются три иерархических процесса синхронизации передачи: битов слова, слов и массивов слов.

Синхронизация битов слова выполняется при параллельной передаче многоразрядных кодов и обуславливается переходными процессами установления сигналов в линиях информационного канала из-за разброса параметрических характеристик ППЭ линий связи. Процесс приема передаваемого слова синхронизируется специальным стробирующим сигналом от источника данных или приемника, выдаваемым с фиксированной задержкой по отношению к моменту выдачи всех разрядов кода слова.

Синхронизация передачи слова определяет основные характеристики интерфейса, в том числе обеспечивает возможность взаимодействия одного источника с несколькими приемниками и работу при различной допускаемой длине связи. На этом уровне используются два основных способа синхронизации передачи: без обратной связи и с обратной связью.

Схема синхронизации без обратной связи выполняется на основе одного общего или отдельных тактирующих генераторов высокой стабильности с использованием отдельной линии стробирования. Способ используется в основном в последовательных интерфейсах с побитным принципом передачи, а также в конструктивно завершенных интерфейсных системах типа крейта САМАС (КАМАК), Fastbus. В последней системе применяется синхронизация передачи по фронту и срезу в режиме высокоскоростной передачи в одном сегменте.

Способы технической реализации обратной связи в схемах синхронизации разделяются: по характеру сигналов стробирования и обратной связи — на импульсные и потенциальные; по числу контуров обратной связи — на однопроводные, двухпроводные одноконтурные и двухконтурные.

Применение обратной связи обеспечивает: гибкую адаптацию к изменению скорости передачи информации; наиболее полное использование пропускной способности информационного канала; возможность одновременной передачи информации от одного источника к нескольким приемникам.

Синхронизация передачи массива слов представляет процесс синхронизации верхнего уровня и может быть выполнена синхронно и асинхронно. Синхронный способ используется редко, в основном в интерфейсах с фиксированной длиной передаваемого массива и ограниченным числом линий связи. Асинхронный способ более распространен, использует выдачу сигналов синхронизации в произвольный момент времени приемником или источником по информационной шине или по специально выделенным линиям информационного канала.

Функция координации определяет совокупность процедур по организации и контролю процессов взаимодействия устройств системы. Основные операции координации: настройка на взаимодействие, контроль взаимодействия, передача функций управления (настройки).

Операция настройки включает процедуры опроса и анализа состояния вызываемого устройства, а также передачи команд и приема информации состояния. В межсистемных интерфейсах алгоритмы настройки формируются в виде унифицированного протокола (HBB ЕС ЭВМ, МЭК 625-1 и др.), в интерфейсах мини- и микроЭВМ они носят рекомендательный характер.

Операции контроля — разрешение тупиковых ситуаций асинхронного процесса взаимодействия; повышение достоверности передаваемых данных. Контроль тупиковых ситуаций взаимодействия (синхронизация с использованием обратной связи, приоритетная выборка на основе последовательного опроса и т. п.) основывается на измерении фиксированного интервала времени, в течение которого должно наступить ожидаемое асинхронное событие. Если за контролируемый интервал времени событие не наступает, то фиксируется неисправность. Операция контроля тупиковых ситуаций получила название *тайм-аута*. Контроль передаваемых данных основывается на использовании кодов, построенных на известных принципах избыточного кодирования информации, в основном циклических кодов (по модулю два, Хэмминга, полиномов различных видов и т. п.), применяемых главным образом в последовательных интерфейсах связи.

Операция передачи управления заключается в передаче функций координации между ФЭ интерфейса и характерна, главным образом, для интерфейсов с децентрализованной структурой управления. Основное назначение операции: повышение надежности управления, достигаемое резервированием управления (например, при отказе ФЭ, выполняющего функции управления интерфейсом, или отключении питания); повышение эффективности использования элементов системы, достигаемое исключением дублирования дорогостоящих устройств посредством организации доступа к ним с разделением времени двух и более контроллеров или ЭВМ.

Функции обмена и преобразования информации, выполняемые информационным каналом, заключаются в следующем: функции обмена — прием и выдача информации (адресов, команд, данных, состояния) регистрам составных устройств системы; функции преобразования — параллельно-последовательное преобразование; перекодирование информации; дешифрация адресов, команд, логические действия над содержимым регистра состояния.

Схемотехническая реализация операций преобразования специфична для каждого устройства. Схемотехническая реализация операций обмена в основном унифицирована для различных устройств интерфейса и в наиболее унифицированных современных интерфейсах выполняется интерфейсными большими интегральными схемами (БИС) и сверхбольшими БИС (СБИС).

1.5. КЛАССИФИКАЦИЯ ИНТЕРФЕЙСОВ

1.5.1. Основные классификационные признаки

Обобщением классификационных признаков интерфейсов является ГОСТ 26.016—81, определяющий четыре основных признака: 1) способ соединения компонентов (магистральный, радиальный, цепочечный, смешанный, или комбинированный); 2) способ передачи информации (параллельный, последовательный, параллельно-последовательный); 3) принцип обмена информацией (асинхронный, синхронный, изохронный); 4) режим передачи информации (двухсторонняя односторонняя, двусторонняя поочередная, односторонняя).

Указанные признаки характеризуют только определенные аспекты организации интерфейсов. Более полная характеристика и классификация интерфейсов базируются на совокупности нескольких основных признаков: области распространения, или функциональном назначении; логической организации; функциональной организации; физической реализации.

В соответствии с функциональным назначением интерфейсы можно разделить на следующие основные классы: 1) системные (машинные, или ввода-вывода) интерфейсы ЭВМ; 2) сосредоточенных магистральных мультипроцессорных систем; 3) периферийного оборудования (общего назначения и специализированные); 4) сетей передачи данных (стыки и протоколы); 5) программно-управляемых модульных систем и приборов); 6) локальных вычислительных сетей различных типов; 7) распределенных систем общего назначения и управления.

В соответствии с предложенной классификацией в табл. 1.2 приведены классы, наименования и уровни применения рассматриваемых интерфейсов.

Т а б л и ц а 1.2. Интерфейсы, стыки и протоколы СОД

Распространение	Наименование	Назначение
-----------------	--------------	------------

Системные интерфейсы ЭВМ

Мини-ЭВМ	ОШ СМ ЭВМ	СМ1300...СМ1700
МикроЭВМ	ИУС	СМ-2, СМ1634...
	МПИ, МПИ СЭМ	Э-60,..., ДВК1...
		ДВК4
Персональные ЭВМ	СМ ЕС ПЭВМ	ЕС1840, ЕС1841...
	СМ Э-85	Э-85...

Интерфейсы ПУ общего назначения

Локальные СВВ	ИРПР, ИРПР-М	ЭВМ и СОД
Распределенные СВВ	ИРПС, С2 (НМ)	То же

Интерфейсы ввода-вывода

Общего назначения	ИБВ ЕС ЭВМ	ЕС ЭВМ и СОД
Интеллектуальные ПУ	SCSI, IPI	ЭВМ и СОД

Распространение	Наименование	Назначение
-----------------	--------------	------------

Интерфейсы ВЗУ на НМД и НМЛ

Накопители на МД	СМД, ИНМД-М, ИГМД	ЭВМ и СОД
Накопители на МЛ	ИНМЛ, ИНМЛ-П, ИНМЛ-К, ИКМЛ	То же

Стыки систем передачи данных

Стыки АПД с каналами связи	С1-ТЧ, С1-ТГ, С1-ШП, С1-АК, С1-ОЛ	ЭВМ и СОД
Стыки АПД с ООД	С2, С2-ИС, С3, RS-485, X.21	ЭВМ и СОД
Стыки ООД с сетями передачи данных	X.21, X.25	ЭВМ и СОД (ЕС и СМ)

Протоколы управления звеном данных

Звено данных СПД	Метод синхронной позначной ПД	ЕС ЭВМ, СОД
	Метод синхронной побитовой ПД	СМ ЭВМ, СОД

Интерфейсы средств автоматизации

Программируемые приборы	КОП	ИБК-20, микроИБК
Аппаратура КАМАК	МК, МДКК МВ, ПМ	ИБК-1...ИБК-20 ИБК

Интерфейсы магистральных мультипроцессорных СОД

Малой мощности	И41 СМ	СМ1810, СМ1814..
Средней мощности	VAXBI	СОД на базе VAX 8XX
Большой мощности	VME-bus	СОД на базе 680XX
	Multibus II	СОД на базе 80286

Интерфейсы локальных сетей

Общего назначения шинные	МС 8802	ЭВМ и СОД
Общего назначения кольцевые	IBM PC-net	ПЭВМ

Распространение	Наименование	Назначение
Интерфейсы распределенных систем управления		
Автоматизация процессов	ИРМ, ИЛПС PROWAY C	Микродата, СМ ЭВМ
Автоматизация производств	MAP 2.1	
Специальные системы	MIL-1553B/1773	
Иерархические системы	Bitbus	

Примечание. СМ ЭВМ — система малых ЭВМ; СМ — системная магистраль; ПД — передача данных; МК — магистраль крейта; МДКК — магистраль дополнительного контроллера крейта; МВ — магистраль ветви; ПМ — последовательная магистраль.

1.5.2. Классификация интерфейсов по логической и функциональной организации

Классификация может быть выполнена отдельно по информационному и управляющему каналам по основному и дополнительному признакам, каждый из которых может быть отмечен соответствующей мнемоникой.

1.5.3. Классификация интерфейсов по конструктивному исполнению

По конструктивному исполнению интерфейсы могут быть разделены на четыре категории: 1) межблочные, обеспечивающие взаимодействие компонентов на уровне автономного устройства, блока, стойки, шкафа; 2) внутриблочные, обеспечивающие взаимодействие на уровне субблоков, модулей, плат; 3) внутripлатные, обеспечивающие взаимодействие между интегральными схемами (СИС, БИС, СБИС); 4) внутрикорпусные, обеспечивающие взаимодействие компонентов внутри СБИС.

Основные конструктивные средства реализации интерфейсов приведены в табл. 1.3.

Т а б л и ц а 1.3. Конструктивная реализация интерфейсов

Категория	Конструктивная реализация
Межблочная	Многожильный кабель (плоский, витые пары); коаксиальный, оптоволоконный кабель
Внутриблочная	Скрученная витая пара; печатные проводники платы (двухслойная, многослойная)
Внутripлатная	Печатные проводники платы (двухслойная, многослойная)
Внутрикорпусная	Микроэлектронные проводники

Системные интерфейсы мини- и микроЭВМ

2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1.1. Основные сведения

Системные (внутрисистемные) интерфейсы предназначены для сопряжения центрального процессора (ЦП) с основными системными устройствами ЭВМ. Системный интерфейс является базовой частью архитектуры ЭВМ, СОД и представляет собой совокупность унифицированной магистрали для передачи информации, электронных схем, управляющих прохождением сигналов по шинам, алгоритмов управления обменом информацией, сигналов и требований к ним.

Системные интерфейсы в основном унифицируются в рамках архитектуры семейств мини- и микроЭВМ, что обеспечивает единый метод подключения и совместимость основных системных устройств с целью существенно упростить и удешевить проектирование, производство, а также модернизацию ЭВМ и СОД, комплексов различных классов и назначения.

По временно-пространственным возможностям, определяющим области их применения, системные интерфейсы ЭВМ могут быть разделены по совокупности двух показателей: времени взаимодействия T (время доступа ЦП или канала к периферийному устройству (ПУ), необходимое для пересылки единицы информации) и максимальному расстоянию P (максимально возможная длина магистрали) взаимодействия между составными элементами на шине (табл. 2.1).

Т а б л и ц а 2.1. Классификация системных интерфейсов ЭВМ по P и T

Тип	Показатель		Обозначение
	P , м	T , мкс	
Внутриблочные	0,5	0,5	МПИ СЭМ, СМ*
сосредоточенные			ПЭВМ, ИУС
Локально-сосредоточенные	10	5	МПИ, И-41
Локальные	15	10	ОШ

* СМ — системная магистраль.

Приведенные границы показателей системных интерфейсов могут быть расширены применением дополнительных технических средств: расширителей и ретрансляторов (повторителей), обеспечивающих физическое удлинение системной магистрали и позволяющих увеличить нагрузочную способность при некотором уменьшении физической скорости передачи. Эти средства выполняют в большинстве случаев параллельную передачу всех сигналов шины, а в ряде случаев — их параллельно-последовательное преобразование в сигналы последовательной системной магистрали.

Основная тенденция развития системных интерфейсов заключается в ориентации на универсальность в использовании и повышении уровня стандартизации.

2.1.2. Системные интерфейсы мини-ЭВМ

Функциональный состав шин системных интерфейсов развитых мини-ЭВМ, в частности СМ ЭВМ, обеспечивает два основных режима ввода-вывода: по программному каналу и по каналу прямого доступа (КПД). Совмещение операций по этим двум каналам в системной магистрали мини-ЭВМ — результат компромисса между требованием простоты схемного оборудования и повышением производительности ЭВМ путем совершенствования системы ввода-вывода (СВВ). В современных мини-ЭВМ широко применяются микропрограммируемые КПД на базе микропроцессоров (МП), а также КПД в виде БИС.

В ряде КПД имеются специальные режимы работы канала (и соответственно системного интерфейса): инкрементный и накапливающий. В инкрементном режиме по указанному контроллером ПУ адресу ячейки оперативного запоминающего устройства (ОЗУ) ее содержимое увеличивается на единицу. В накапливающем режиме по указанному контроллером ПУ адресу ячейки ОЗУ ее содержимое суммируется с 16-разрядными данными ПУ, а результат сложения сообщается также ПУ. Специальные режимы работы системного интерфейса обеспечивают более эффективное использование мини-ЭВМ в системах автоматизации научно-технических экспериментов, позволяя получать в ОЗУ гистограммы работ объектов.

Системные интерфейсы мини-ЭВМ можно разделить на две основные группы: с раздельными (СМ-1, СМ-2) и совмещенными (СМ-3, СМ-4 и их развития) магистралями двух каналов. В настоящее время в отечественных мини-ЭВМ и СОД на их основе наиболее широко применяется системный интерфейс типа ОШ СМ ЭВМ.

2.1.3. Системные интерфейсы микроЭВМ

Системные интерфейсы микроЭВМ отличаются от системных интерфейсов мини-ЭВМ прежде всего функциональными и конструктивными ограничениями, обусловленными главным образом необходимостью минимизации внешних выводов БИС микроЭВМ, низкой мощностью выходных сигналов, а также упрощением и удешевлением самой микроЭВМ.

Для системных интерфейсов микроЭВМ малой и средней производительности характерна тенденция к минимизации числа шин из-за широкого их использования в режиме с разделением времени (*мультиплексирование адресов и данных*), а также уменьшения числа шин приоритетной выборки и упрощения процедуры селекции.

При выборе системного интерфейса микроЭВМ необходимо принимать во внимание простоту реализации и обеспечение максимальной производительности СВВ.

Совершенствование системных интерфейсов современных микроЭВМ направлено на увеличение разрядности линий адреса, числа линий запросов прерывания, функциональных возможностей, а также экономической целесообразности реализации интерфейсных БИС и разъемов, соответствующих стандартам Евромеханики.

2.1.4. Системные интерфейсы персональных ЭВМ

Системный интерфейс и периферийное оборудование персональных ЭВМ (ПЭВМ) обеспечивают главным образом максимальную легкость подключения и отключения ПУ при минимальной их стоимости в результате отказа от совместимости с соответствующими контроллерами ПУ микроЭВМ.

Основная панель большинства моделей ПЭВМ реализует новые принципы конструирования интерфейса, обеспечивающие возможность установки небольшого числа отдельных модулей в любое посадочное место (исключением, главным образом, объемных перемычек на монтажной панели и переключателей).

Интерфейс ПЭВМ использует (22...24)-разрядные шины адресов и 16-разрядные шины данных, рассчитанные на применение недорогих приемопередатчиков с тремя состояниями (восемь в корпусе). Это обеспечивает более экономичное подключение к шине и улучшение ее электрических параметров при ограничении числа установочных мест до шести — восьми. Специальные средства доступа к шине исключают конфликтные ситуации между двумя одновременно работающими передатчиками.

Синхронизация операций прямого доступа к памяти (ПДП) осуществляется *системным модулем*. Аппаратная архитектура ПЭВМ отражает физическую модульность компонентов машины. Базовые функциональные компоненты подключаются к внутренней секции интерфейса. Компоненты же расширения моделей (массовая сменная и дополнительная память на НМД, НМЛ и другие модули расширения и профессиональной ориентации) подсоединяются к дополнительной секции интерфейса, связанной с основной через соответствующий согласователь. Подключение основных контроллеров системных ПУ и ОЗУ к внутренней секции интерфейса позволяет реализовать более высокие скорости передачи данных, а также экономно технических средств и физического объема.

Несколько уровней приоритета, в том числе ПДП, осуществляют упорядочение интерфейсом. Дополнительную гибкость обеспечивает, как правило, независимость приоритетов прерываний и ПДП от положения модулей в основной панели. Дополнительным преимуществом является также используемая часто географическая адресация. Для каждого из физических гнезд резервируется один сегмент страницы ввода-вывода. Дешифратор адресов, располагаемый на основной плате, вырабатывает сигнал выбора модуля; младшие разряды адреса дешифрируются в модуле для идентификации одного из байтов сегмента, к которому производится обращение.

Каждый дополнительный модуль идентифицирует свое наличие на системном интерфейсе индивидуальным сигналом. Сигнал посылается в системный модуль при включении питания и фиксируется в виде бита в соответствующей ячейке памяти страницы ввода-вывода. Диагностическая программа, хранящаяся в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ) системного модуля, анализирует значения разрядов этого регистра, определяя размещение дополнительных модулей. При включении питания предусмотрена полная проверка целостности структуры, работоспособности всех функциональных узлов ПЭВМ и установленных дополнительных модулей.

Системные интерфейсы ПЭВМ совершенствуются в направлении увеличения разрядности линий адреса, числа линий запросов прерывания и ПДП, функциональных и диагностических возможностей, а также в направлении экономической целесообразности реализации

этих дополнительных возможностей с помощью интерфейсных БИС и дополнительных разъемов и, кроме того, обеспечения совместимости с более ранними моделями ПЭВМ.

2.2. ИНТЕРФЕЙС «ОБЩАЯ ШИНА» СМ ЭВМ

2.2.1. Назначение

Интерфейс «Общая шина» (ОШ) предназначен для параллельного внутривыблочного и межвыблочного соединения всех системных устройств ЭВМ, включая процессор, посредством 56 функционально объединенных линий магистрали [2.2]. В высокопроизводительных моделях мини-ЭВМ интерфейс используется для подключения к процессору системных ПУ среднего и малого быстродействия.

2.2.2. Логическая организация

Сигналы интерфейса и их функции приведены в табл. 2.2. Физически магистраль содержит 51 двунаправленную и 5 однонаправленных линий арбитража приоритета.

Взаимодействие устройств на интерфейсе основано на *принципе ведущий-ведомый (задатчик-исполнитель)*. На интерфейсе возможна организация обмена данными непосредственно между двумя устройствами без привлечения для этого ресурсов ЦП и ОЗУ. Арбитр (процессор) осуществляет выбор задатчика на основе сравнения приоритетов устройств и ЦП. Конфликтные ситуации среди устройств, имеющих одинаковый приоритет, разрешаются в соответствии с порядком электрического их подсоединения к ОШ со стороны арбитра. *Асинхронный метод передачи* осуществляется с использованием однопроводной обратной связи. *Операция тайм-аута* используется в случае неполучения ответного сигнала от исполнителя.

Линии ОШ разделяются на группы (именуемые секциями): *передачи данных* (линии адреса, данных, контроля, управления, синхронизации); *арбитража приоритетов*; *управления состоянием системы*. Сигнал ЗПД обычно инициирует операции ПДП. Сигнал РПД выдается арбитром в ответ на ЭПД и последовательно проходит по одной линии через все подсоединенные к ней устройства. Сигнал ПВБ выдается устройством, которое запрашивало ОШ и получило ответный сигнал разрешения (РП, РПД) на использование ОШ. Арбитр после получения ПВБ блокируется, а запрашивающее устройство становится задатчиком на интерфейсе. Сигнал ЗАН индицирует, что ОШ используется задатчиком. Сигнал ПРЕР выдается задатчиком и используется для перехода процессора на программу обработки прерывания от устройства, идентифицируемого соответствующим вектором прерывания. Сигнал ПОДГ передается всем устройствам на ОШ с пульта процессора при нажатии «Пуск» или при выполнении команды «Сброс», а также при обработке процессором последовательности прерывания при аварии сети питания.

2.2.3. Функциональная организация

Основные операции на ОШ: передача данных, выбор нового задатчика, прерывание. Все *передачи данных* выполняются относительно задатчика: ввод (чтение) — от исполнителя, вывод (запись) — от

Т а б л и ц а 2.2. Линии интерфейса ОШ СМ ЭВМ

Наименование	Обозначение	Назначение
	русское/международное	
Линии передачи данных		
Адрес	A (17...00)	Выбор исполнителя
Данные	D (15...00)/ D (15...00)	Передача данных, команд, состояния
Признак разряда четности	K0/P0	Передача исполнителем указания об ошибке при операциях чтения
Разряд четности	K1/P1	Передача кода операции обмена
Управление	У (1,0)/C (1,0)	Указание о действительности сигналов А, Д, У
Синхронизация задатчика	CX3/MSYN	Указание о том, что данные приняты (выданы) исполнителем
Синхронизация исполнителя	CXI/SSYN	
Линии арбитража приоритетов		
Запрос прямого доступа	ЗПД/NPR	Передача от ПУ запроса на ПДП
Разрешение прямого доступа	РПД/NPG	Передача от арбитра разрешения управления ОШ
Запрос передачи	ЗП (7...4)/ BR (7...4)	Передача от ПУ запроса соответствующего приоритета
Разрешение передачи	РП (7...4)/ BG (7...4)	Передача от арбитра разрешения захвата ОШ
Подтверждение выборки	ПВБ/SACK	Подтверждение получения разрешения и запрет дальнейших разрешений
Запято	ЗАН/BBSY	Указание о занятости ОШ текущим задатчиком
Прерывание	ПРЕР/INTR	Указание о наличии на линиях Д вектора прерывания
Линии управления состоянием системы		
Подготовка	ПОДГ/INIT	Установка от ЦП устройств в исходное состояние
Авария сети питания	АСП/ACLO	Сигнализация выхода параметров сети за допустимые пределы
Авария источника питания	АИП/DCLO	Сигнализация выхода параметров стабилизированного источника питания за допустимые пределы

задатчика. Типы операций передачи данных определяются кодом на линиях У (1, 0): 00 — чтение, 01 — чтение с паузой, 10 — запись, 11 — запись байта.

Выбор нового задатчика используется для проведения процедуры арбитража, может выполняться одновременно с передачей данных. Процессор запрещает арбитру выдачу сигналов и обслуживание новых РП во время операции прерывания и после нее до определения своего нового уровня приоритета и сохранения в стеке старого. После этого процессор разрешает арбитру снова выдавать сигналы РП на уровнях, превышающих новый уровень приоритета процессора. Арбитраж на уровне ЗПД предусматривает выдачу только одного сигнала РПД (никакой другой сигнал РПД и РП не может быть выдан арбитром). Неполучение арбитром сигнала ПВБ после выдачи РПД вызывает процедуру контроля по тайм-ауту. В ВС можно устранить тайм-аут, обеспечив генерирование сигнала ПВБ на согласователе сигналов ОШ. При передаче одного слова данных устройство обычно устанавливает сигнал ЗАН и сбрасывает ПВБ.

Операция *прерывания* выполняется устройством после его выбора в качестве нового задатчика ОШ. Линии контроля используются исполнителем для указания задатчику об ошибке в работе исполнителя при операциях чтения следующим образом: 00 — нет ошибки, 01 — ошибка при операции чтения, 10 и 11 — зарезервированы.

2.2.4. Функционально-временные характеристики

Большинство сигналов интерфейса является двунаправленными и появляются внутри устройства в двух физически различных точках. Соблюдение определенных ограничений, накладываемых на передачу сигналов, осуществляется задатчиком.

При передаче данных максимальный временной разброс сигналов равен 75 нс. Поэтому задатчик задерживает свой сигнал СХЗ на 75 нс после выдачи сигналов А и У. Кроме того, СХЗ задерживается еще на 75 нс для компенсации времени дешифрации адреса в исполнителе. В свою очередь, после сброса СХЗ задатчик задерживает сигналы А и У на 75 нс для более надежной выборки исполнителя.

При операциях типа чтения задатчик стробирует данные после получения сигнала СХИ; исполнитель устанавливает и сбрасывает сигнал СХИ с задержкой относительно сигналов Д, что гарантирует надежный прием данных.

При операциях типа записи задатчик компенсирует начало обмена на 150 нс и его окончание на 75 нс относительно сигнала СХЗ и на 150 нс относительно сигнала СХИ. Данные стробируются исполнителем одновременно или до установки сигнала СХИ.

Типовое время тайм-аута составляет 10...20 мкс, а для ряда устройств, используемых в миксопроцессорных и многомашинных ВС, может быть увеличено до сотни микросекунд.

Процедура прерывания прогонится только одна в ответ на сигнал РП.

Через последовательность ЗП—РП, характеризующую процедуру прерывания, задатчик может передать информацию аналогично процедуре ПДП. В этом случае освобождение ОШ после передачи информации по сигналу РП называют пассивным.

Последовательность «Рестарт» выполняется в зависимости от состояния линий АСП и АИП. При отказе силового питания сигнал АСП выдается за 7 мс до сигнала АИП. АИП не выдается без предшествующего сигнала АСП; сигналы АСП и АИП должны посту-

пать на линии ОШ от всех источников питания системы по проводному ИЛИ.

При отказе питания процессор выполняет операцию прерывания, благодаря которой запоминается содержание определенных регистров ПУ в ОЗУ, сохраняющем информацию. При восстановлении питания процессор автоматически запускает систему в работу с прерванного места. Процессор доводит до конца последовательность сигналов АСП—АИП в любых ситуациях.

По сигналу АИП процессор вырабатывает сигнал ПОДГ, вызывающий установку устройств в соответствующие начальные состояния.

2.2.5. Физическая реализация

В зависимости от значения уровня напряжения различают три группы линий ОШ: 1) РП (7...4), РПД (пассивное $0...0,8$ В, активное $3,4\pm 0,2$ В); 2) АСП, АИП (пассивное $4,9\pm 0,35$ В, активное $0...0,8$ В); 3) остальные линии (пассивное $3,4\pm 1,0$ В, активное $0...0,8$ В).

Для линий третьей группы лог. 1 — низкий уровень. Распределение нагрузок (не более 20 единиц) вдоль линии может быть произвольным (равномерное, кустовое, смешанное), оно определяется конфигурацией СВВ мини-ЭВМ.

Допускается расположение устройств за согласователем сигналов (загрузкой) ОШ; рекомендуемая длина — до 0,4 м. Длина отвода от ОШ к приемопередающему элементу (ППЭ) не более 0,6 м; при этом суммарная паразитирующая емкость — не более 30 пФ. Делители нагрузки ОШ «защитываются» от устройств, в которых они устанавливаются. Согласующие резисторы $R1=150$ Ом и $R2=300$ Ом с точностью 2 % и мощностью 0,25 Вт обеспечивают $\rho=100$ Ом.

Периметрами магистральных ППЭ являются:

примемники: средняя задержка распространения сигнала — 45 нс; пороговое значение напряжения при переключении с высокого уровня на низкий и наоборот — соответственно 2,6 и 1,4 В; ток на входе при выходном напряжении 2,7 В — 120 мкА, а при 0 В — 10 мкА; ток низкого уровня на выходе — 8 мкА;

передатчики: средняя задержка распространения сигнала — 35 нс; напряжение на входе высокого уровня — 2 В; ток низкого уровня (втекающий) — 70 мА при напряжении 0,8 В; ток утечки — 25 мкА.

Стандартная единица нагрузки: максимальный ток утечки — 145 мкА при условии подключения одного источника (25 мкА) и одного приемника (120 мкА) с суммарной емкостной нагрузкой 30 пФ.

Параметры кабеля ОШ: плоский кабель с волновым сопротивлением 100 ± 10 Ом; погонное время задержки — 5,2 Ом/м; сопротивление каждого проводника — 0,4 Ом/м; каждый отрезок кабеля произвольной длины заканчивается типовым интерфейсным разъемом, используемым в конкретной конструктивной реализации; максимально допустимая длина (с учетом всех отводов) — 15 м; нагрузочная способность — максимум 20 единиц.

В качестве интерфейсного соединителя в моделях линии СМ-3/СМ-4 использовался двухрядный 96-контактный соединитель типа «Унитра-Эльтра 803.094.01.30.21». В настоящее время в зависимости от конструктивной реализации процессора и контроллеров системных ПУ в качестве интерфейсного соединителя в разных моделях ЭВМ используются один или два 96-контактных трехрядных соединителя типа СНП 59-96.

2.3. ИНТЕРФЕЙС ИУС

2.3.1. Назначение

Интерфейс управляющих систем (ИУС) предназначен для построения управляющих микроЭВМ и терминальных систем связи с объектом и позволяет осуществлять передачу информации между модулями в мультиплексном режиме и в режиме ПДП с применением мультиплексируемых линий адреса-данных. Устройства, подключенные к ИУС, могут быть четырех типов: источники, приемники (исполнители), задатчики, арбитр. Интерфейс не имеет аналогов.

2.3.2. Логическая организация

Линии интерфейса (обозначаются в отличие от одноименных сигналов буквой Ш) можно разделить на следующие группы (табл. 2.3): информационные, управления адресацией, управления обменом, передачи сигналов прерывания, управления захватом магистрали, общего управления. Все линии ИУС — магистральные, за исключением линий ШРЗМ_в и ШРЗМ_{вых}, подключаемых к модулям по приоритетной цепочке. Для адресации памяти используются все 16 линий ШАД, а ПУ — только ШАД (07...00). Адреса выдаются задатчиком в сопровождении признака адресации.

Алгоритм взаимодействия допускает обмен данными между источником и приемником с (и без) участием задатчика. Возможен режим передачи данных от источника к приемнику без предварительной адресации. Арбитр необходим при наличии более двух задатчиков. Возможен режим захвата устройством магистрали без запроса к арбитру; в этом случае данное устройство само должно быть на интерфейсе арбитром.

В состав операций ИУС входят: адресация и передача данных задатчику (и другим адресованным приемникам) от адресованного источника, в качестве которого используются ОЗУ и ПУ; адресация и передача данных от задатчика всем адресованным приемникам; адресация и обмен данными между адресованными источниками и всеми адресованными приемниками под управлением задатчика; опрос готовности функции источника без приема данных или функции приемника без выдачи данных; захват магистрали устройством; сброс всех подключенных к интерфейсу устройств.

Операция «Опрос готовности приемника» выполняется задатчиком и служит для определения готовности функции приемника в устройстве принимать данные. Операция заключается в адресации требуемой функции и ожидании от адресованного приемника в течение установленного промежутка времени сигнала ЗД, который и служит признаком готовности.

Операция «Опрос готовности источника» заключается в адресации требуемой функции и ожидании от адресованного источника в течение установленного промежутка времени сигнала НД (ответного на выданный задатчиком сигнал ЗД), который и служит признаком готовности.

Во время этих двух операций сигнал БСВ не выдается. Сигнал ПРА, формируемый задатчиком при выполнении опроса готовности источника в течение всего времени ожидания сигнала НД, запрещает адресованному источнику выдавать данные на шины ШАД. В ОЗУ режим опроса готовности источника может не реализовываться.

Т а б л и ц а 2.3. Линии интерфейса ИУС

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Информационная шина</i>		
Адрес-данные	ШАД (15...00)	Передача адреса и данных
<i>Шина управления адресацией</i>		
Признак адресации	ШПРА	Указание исполнителю о цикле адресации
Подтверждение приема адреса	ШППА	Ответ исполнителя на сигнал ШПРА
Блокировка сброса выборки	ШБСВ	Запрет сброса признака «Выбор»
Признак ВУ	ШПВУ	Признак выдачи 8-разрядного адреса ВУ
Признак приемника	ШППР	Идентификация приемника или источника
<i>Шина управления обменом</i>		
Запрос данных	ШЗД	Готовность адресованных приемников или задатчиков принимать данные адресованного источника или задатчика
Наличие данных	ШНД	Ответ адресованного источника или задатчика на сигнал ЗПД
<i>Шина передачи сигналов прерывания</i>		
Признаки прерывания	ШПР (7...0)	Признаки приоритета прерывания от модулей (ШПР7 старший)
<i>Шина управления захватом магистрали</i>		
Магистраль занята	ШЗАН	Указание о занятости магистрали
Запрос магистрали	ШЗМ	Сигнал от задатчика для запроса на захват магистрали
Разрешение захвата магистрали	ШРЗМ _{вх} , ШРЗМ _{вых}	Разрешение от арбитра захвата магистрали задатчиком по приоритетной цепи
Подтверждение выборки задатчика	ШПВЗ	Ответный сигнал задатчика на разрешение захвата от арбитра
<i>Шина общего управления</i>		
Сброс	ШСБР	Сброс модулей в исходное состояние

2.3.3. Функциональная организация

Адресация устройств для участия в предстоящем обмене производится следующим образом: первыми адресуются все функции приемников; последней адресуется функция источника; адресация всех устройств, начиная со второго, сопровождается сигналом БСВ.

Устройства выполняют следующие *требования*: неадресованные устройства выдают на все магистральные шины интерфейса высокий уровень напряжения; адресованный приемник может выдавать сигнал ЗД как только в нем запомнен признак «Выбор» и готов к приему данных; адресованный источник может выдавать сигнал НД после того, как в нем запомнен признак «Выбор», и готов к выдаче данных, когда имеется сигнал на шине ШЗД; задатчик при адресации устройства должен в течение всего времени выдачи адреса на шине ШАД формировать сигнал ЗД, обеспечивая тем самым отсутствие сигнала ЗД на шине ШЗД независимо от состояния адресованных приемников и, таким образом, блокируя выдачу источником сигнала НД и данных; задатчик может выставлять лог. 0 на шину ШЗД во время обмена данными между адресованными приемниками и адресованным источником.

Во всех устройствах выполняются следующие *временные ограничения*:

сигнал ПРА выдается задатчиком не ранее чем через 100 нс после установления адреса на ШАД и выдачи сигналов ПВУ, ППР, БСВ;

сигнал НД выдается адресованным источником не ранее чем через 100 нс после установления данных на ШАД. Время от снятия сигнала НД до снятия данных с ШАД — от 50 до 200 нс;

признак «Выбор» при наличии сигнала ПРА запоминается в устройстве за время не более 100 нс после получения сигнала ПРА;

признак «Выбор» сбрасывается за время не более 100 нс после получения сигнала ПРА;

время от снятия сигнала ПРА до снятия сигнала ППА адресованным устройством — не более 100 нс;

время от получения задатчиком сигнала ППА до снятия сигнала ПРА — не более 100 нс;

сигнал ЗД выставляется не позже чем 100 нс после получения сигнала НД. Время от снятия сигнала ШЗД до снятия сигнала НД — не более 100 нс;

время от получения сигнала РЗМ_{вх} до выдачи сигнала РЗМ_{вых} — не более 100 нс;

длительность сигнала СБР — не менее 500 нс;

время передачи управления другому задатчику — не более 100 нс;

новый сигнал РЗМ_{вых} выдается арбитром в ответ на сигнал ЗМ не ранее чем через 100 нс после снятия сигнала ПВЗ;

время от появления сигнала НД до снятия сигнала ЗД, как правило, не более 100 нс и указывается в технической документации на устройство.

2.3.4. Физическая реализация

В ИУС применяются: передатчики типа К589АП16/АП26, К155ЛА13; приемники типа К589АП16/АП26, К589ИР12, К155ТЛ2 или им эквивалентные. Для передачи информации используется положительная логика.

Предусмотрены шины питания: +5; +12; —5; —24 В. Полное

число контактов, отведенное под питание и 0 В, равно 27, остальные контакты — резервные.

Параметры делителей согласования шин позволяют подключить к интерфейсу не более 30 устройств с функциями приемника и/или источника и не более 10 устройств с функцией задатчика. При этом независимо от места расположения резисторов делителя (например, на плате арбитра) к каждой из шин должен быть подключен один делитель.

Конструктивно ИУС реализуется в виде магистрали разъемов типа СМП59-96 с распределением линий по контактам в соответствии с табл. 2.4. Модули, выходящие на ИУС, выполняются на Европлате

Т а б л и ц а 2.4. Распределение линий ИУС по контактам соединителей

Линия	Соединитель— контакт	Линия	Соединитель— контакт
ШАД00...	2—07С...	ШПРО...	1—12С...
...ШАД15	...2—22С	...ШПР7	...1—19С
ШПРА, ШПРА	1—20С, 1—21С	ШЗАН, ШСБР	1—09С, 2—06С
ШНВУ, ШБСВ	1—22С, 1—23С	ШЗМ, ШПВЗ	1—10С, 1—11С
ШНД	1—26С	ШРЗМ, ШРЗС	1—07С, 1—07В
ШПР, ШЗД	1—24С, 1—25С	—	—

(или подключаются через нее) размером 233,4×220 мм. Второй разъем на плате используется для связи с ПУ. В устройстве, выходящем на ИУС, все контакты, соответствующие неиспользуемым сигналам, должны быть свободными.

2.4. ИНТЕРФЕЙС МПИ (ГОСТ 26765.51—86)

2.4.1. Основные сведения

Межмодульный параллельный интерфейс (МПИ) предназначен для обеспечения информационной и электрической совместимости устройств системы электронных модулей (СЭМ), а также для обеспечения совместимости элементов конструкции, необходимых для реализации информационной и электрической совместимости.

Интерфейс реализуется на основе параллельной магистрали и логических узлов, входящих в каждое устройство. Адресное пространство магистрали в конкретной реализации интерфейса равно адресному пространству примененного процессора и диспетчера памяти.

По способу передачи сигналов все сигнальные линии магистрали разделены на два типа: *двунаправленные*; *однонаправленные*, по которым сигналы проходят последовательно через устройства, подключенные к магистрали (последовательная цепочка). Для принимаемых сигналов к обозначениям сигналов добавляют букву П (приемник), для выдаваемых — букву И (источник). Предусмотрены два резервных контакта на соединителе (ПРЕЗ1, ПРЕЗ2), необходимые для развития интерфейса. Лог. 1 соответствует низкий уровень сигнала, а лог. 0 — высокий.

2.4.2. Технические характеристики

Адреса и данные передаются по *мультиплексированной шине обмена информацией с разделением по времени*. *Принцип работы интерфейса*: асинхронный — при передаче данных, синхронный — при передаче адреса. Три вида взаимодействия могут выполняться в магистрали в различные моменты времени: *передача управления, адресный обмен* (одиночный и блочный) и *прерывание*. Адресный одиночный обмен, передача управления магистралью и прерывание выполняются как в МПИ по ОСТ 11.305.903—80.

Интерфейс обеспечивает дополнительно следующие режимы блочного обмена: блочное чтение и блочную запись, при которых передача (прием) блока и число слов в блоке задаются ведущим устройством, передающим также адрес первого слова. После передачи заданного числа слов ведущий прекращает обмен. В качестве ведомого выступает внутреннее запоминающее устройство (ЗУ).

В интерфейсе осуществляется прерывание только по внешним причинам посредством 2-, 3- и 4-уровневой системы приоритетов прерываний. Все подключенные к магистрали устройства распределяются на две, три или четыре группы, каждая из которых объединяет устройства только одного уровня приоритета. Для размещения векторов прерывания рекомендуется выделять ячейки ОЗУ: 000 000—376 (две метки на вектор). Адресное пространство магистрали (в зависимости от формата адреса процессора и диспетчера памяти) может составлять 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192 или 16384 Кбайт. Объем адресного пространства, отведенного для адресации устройств, составляет 8 Кбайт.

Число подключаемых к магистрали устройств и общая длина магистрали ограничиваются разбросом значений распространения сигналов по линиям магистрали (не более 75 нс) и нагрузочной способностью передатчиков. Формат предлагаемых данных — 8 бит (байт) или 16 бит (слово). Формат передаваемого адреса — из диапазона 16...24 бит. Пропускная способность магистрали не превышает 2 Мбайт/с при одиночном обмене и 5,6 Мбайт/с при блочном обмене. Время тайм-аута (при любом типе адресного обмена, обработки прерывания, передачи управления магистралью) — не более 10 мкс. *Основными элементами интерфейса* являются: протокол обмена, определяющий структуру, состав и функциональную организацию интерфейса; аппаратная часть (физическая реализация); программное обеспечение.

2.4.3. Логическая организация

Линии и сигналы интерфейса (табл. 2.5) объединены в следующие группы шин: обмена информацией, управления обменом, передачи управления, прерывания, вспомогательные. Дополнительные шины (локальную, последовательную и др.) допускается вводить в состав интерфейса для расширения функциональных возможностей интерфейса при условии, что они не влияют на функционирование перечисленных выше шин. Состав линий в каждом конкретном модуле устанавливается из числа линий (приведенных в табл. 2.5) в зависимости от его функционального назначения.

Основные особенности линий и сигналов интерфейса заключаются в следующем. Линии АР (16...23) используются для расширения адресного пространства при передаче адреса, а также могут быть использованы для передачи контрольных разрядов при обмене данными. Линии шины обмена информацией с номерами, большими 12,

Т а б л и ц а 2.5. Линии и сигналы интерфейса МПИ СЭМ

Наименование	Обозначение по ГОСТ		Источник/приемник
	26765.51—86	2.743—83	

Шина обмена информацией

Адрес-данные	АД00... ...АД15	AD00... ...AD15	З/И
Расширение адреса*	AP16... ...AP23	A16...A23	И/З

Шина управления обменом

Синхронизация обмена	ОБМ	SYN	З/Все И
Чтение данных	ДЧТ	RD	З/И
Запись данных	ДЗП	WR	З/И
Ответ устройства	ОТВ	AN	И/З
Признак «запись-байт»	ПЗП	WRBY	З/И
Выбор устройства	ВУ	SE	З/И
Признак «блочный обмен-регенерация»	РГН	REF	АУ/ДП

Шина передачи управления

Запрос магистрали	ЗМ	RQB	АУ/Пр
Дополнительный запрос магистрали	ЗМД	RQBI	АУ/Пр
Разрешение на захват магистрали	РЗМ	EB	Пр/АУ
Дополнительное разрешение на захват магистрали	РЗМД	EBI	Пр/АУ
Подтверждение запроса	ПЗ	AK	З/Пр

Шина прерывания

Запрос прерывания	ЗПР4	INR4	У/Пр
Запрос прерывания*	ЗПР5... ...ЗПР7	INR5... ...INR7	У/Пр
Разрешение прерывания	ПРР4	EINR4	Пр/У
Разрешение прерывания*	ПРР5... ...ПРР7	EINR5... ...EINR7	Пр/У
Прерывание по внешнему событию	ПВС	INRCC	У/Пр

Вспомогательная шина

Установка	УСТ	SR	Пульт, Пр/все У
Останов	ОСТ	HLT	Пульт/Пр
Авария сетевого питания	АСП	ERAC	БП/Пр
Авария источника питания	АИП	ERHC	БП/все У

Примечание. З — задатчик, ведущий; И — исполнитель, ведомый; АУ — активное устройство; ДП — динамическая память; Пр — процессор; У — устройство; БП — блок питания.

* Для этих линий в физической реализации можно не предусматривать контакты на соединителе.

в физической реализации интерфейса могут не подводиться к ПУ с байтовым обменом данными, а с номерами, большими 15, к ПУ с обменом словами. За исключением режимов блочного обмена, наличие сигнала на линии ВУ свидетельствует о том, что значения передаваемых по этим линиям разрядов адреса равны единицам.

Сигнал ПЗП дополнительно при блочной записи указывает на признак записи в течение всего цикла блочной записи. Сигнал ВУ дополнительно используется в качестве признака чтения при блочном чтении. Входной сигнал РЗМ в каждом устройстве обозначается РЗМП, выходной — РЗМИ. В пассивных устройствах контакты РЗМП и РЗМИ замыкаются накоротко. Дополнительные сигналы ЗМД и РЗМД разрешается вводить наряду с ЗМ и РЗМ. При этом процессор должен программно маскировать сигналы ЗМ и ЗМД и не выдавать разрешение на захват магистрали по двум запросам одновременно. Сигналы ЗПР5...ЗПР7 имеют аналогичное ЗПР4 функциональное назначение. Число используемых линий ЗПР определяется типом процессора. Допускается вводить отдельный сигнал ПРР для каждого сигнала ЗПР5...ЗПР7. В устройствах, которые не могут выставить запрос на прерывание и/или не способны обрабатывать сигналы ПРР5...ПРР7, контакты ПРРП и ПРРИ попарно замыкаются накоротко.

Сигнал ПВС (по фронту) дополнительно не должен вызывать прерывание программы обработки прерывания по сигналам АСП или АИП. Допускается программное маскирование сигнала ПВС. Сигнал РГН на линии «Признак блочный обмен-регенерация» вырабатывается ведомым устройством в качестве признака способности к выполнению блочного чтения или записи. В этом случае сигнал РГН повторяет сигнал ОТВ при передаче каждого слова в блоке, за исключением последнего. Отсутствие последнего сигнала РГН является признаком того, что счетчик адресов ведомого устройства заполнен и может принять (передать) еще только одно слово. Признак необходим при работе с ведущим, способным на передачу блоков большего размера, чем ведомый. Допускается использовать сигнал РГН в качестве признака выполнения цикла регенерации динамической оперативной памяти. В этом случае сигнал РГН вырабатывается процессором или другим активным устройством.

2.4.4. Функциональная организация

В передаче управления магистралью участвуют активные устройства и процессор по блок-схеме приоритетов МПН СЭМ (рис. 2.1). *Одиночный адресный обмен* выполняется после назначения ведущего и начинается с общей для всех типов одиночного обмена процедуры назначения ведомого, после которой выполняется последовательность операций «Чтение», «Запись», «Чтение с модификацией». При выполнении последней сначала осуществляется операция «Чтение»; затем ведущий обрабатывает принятые данные и устанавливает в результате обработки данные на линиях АД, соответствующие формату записи, сигнал на линии ПЗП и сигнал ДЗП; ведомый принимает данные с линий АД и устанавливает сигнал на линии ОТВ; ведущий сбрасывает сигналы ДЗП, ПЗП и данные с линий АД; ведомый сбрасывает сигнал ОТВ; ведущий после снятия ведомым сигнала ОТВ сбрасывает сигнал ОБМ. Магистраль освобождена для передачи управления новому ведущему.

Блочный адресный обмен выполняется при операциях «Блочное чтение» и «Блочная запись». При *блочном чтении* (рис. 2.2):

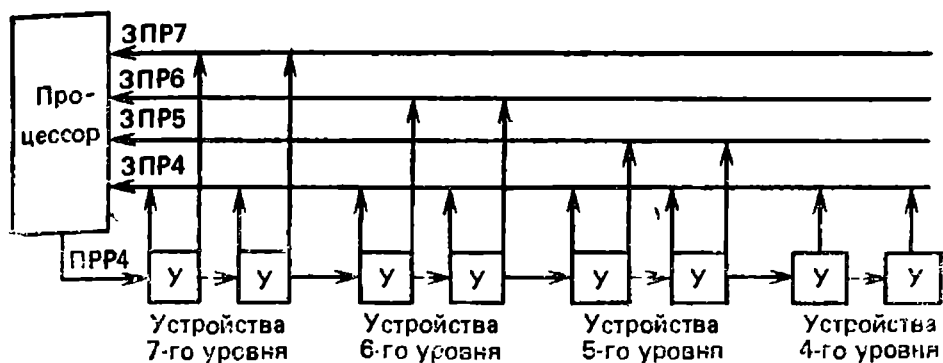


Рис. 2.1. Блок-схема приоритетов МПИ СЭМ

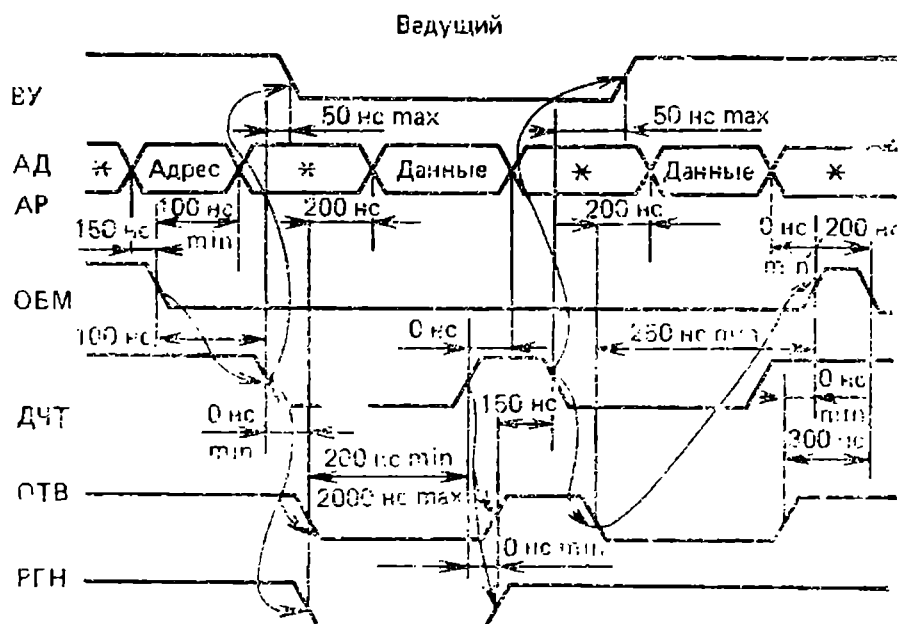


Рис. 2.2 Блочное чтение в МПИ СЭМ:

звездочка (здесь и далее на рис. 2.3, 2.4) обозначает сигнал, уровень которого в данное время не имеет значения

ведущий устанавливает: адрес первого в блоке слова на линиях АД, АР, нулевой сигнал на линии ВУ (сигнал ПЗП не устанавливается); сигнал ОБМ в первом цикле обмена (при чтении первого слова) и сохраняет его в течение всей процедуры блочного чтения; сигналы ДЧТ и ВУ (сигнал ВУ используется в блочном обмене как признак блочного чтения и снимается перед чтением последнего слова в блоке);

ведомый устанавливает: сигнал РГН (используется ведущим в блочном обмене для подсчета считанных или записанных слов. При совпадении сигналов РГН и ОТВ ведущий устанавливает сигнал на линии ДЧТ для чтения следующего слова. Число выдаваемых сигналов РГН должно быть на единицу меньше числа слов в считываемом блоке); сигнал ОТВ; данные на АД (не позже 125 нс после установки ОТВ). Если имеются сигналы и на линиях ВУ и РГН, ведомый

готовится к повторному циклу чтения (прибавляет 2 к содержимому регистра адреса);

ведущий принимает данные с линий АД не ранее, чем через 200 нс после установки сигнала ОТВ, и продолжает их прием не более 200 нс после сброса сигнала ДЧТ; снимает сигнал ДЧТ не ранее, чем через 200 нс после установки сигнала ОТВ; при совпадении сигналов ОТВ и РГН не позже, чем через 150 нс после снятия ДЧТ, вырабатывает ДЧТ повторно;

ведомый на снятие сигнала ДЧТ сбрасывает ОТВ и РГН, при получении нового ДЧТ выставляет сигналы ОТВ и РГН и данные на АД. Далее цикл чтения многократно повторяется.

При заполнении счетчика адреса ведомого, т. е. при достижении им готовности и выдаче в передаваемом блоке данных последнего слова, ведомый при получении сигнала ДЧТ не выставляет сигнал РГН. В результате отсутствует совпадение сигналов ОТВ и РГН (ведущий не вырабатывает следующий сигнал ДЧТ), а также ВУ и РГН (ведомый не готовит адрес следующего слова). Одновременно с выдачей последнего сигнала ДЧТ (но не позже, чем через 50 нс) ведущий снимает сигнал ВУ и не позже, чем через 250 нс после получения последнего сигнала ОТВ, снимает сигнал ОБМ.

На этом процедура блочного чтения завершается. Если число слов в считываемом блоке меньше максимально возможного для ведомого, процедура блочного чтения завершается снятием ведущим сигнала ОБМ.

При блочной записи выполняется последовательность событий в соответствии с временной диаграммой, приведенной на рис. 2.3.

В интерфейсе могут быть использованы одноуровневая и четырехуровневая системы прерывания

При одноуровневой системе прерываний приоритет устройств на разрешение прерывания должен задаваться аппаратно и не может быть изменен программно. При прерывании выполняется последова-

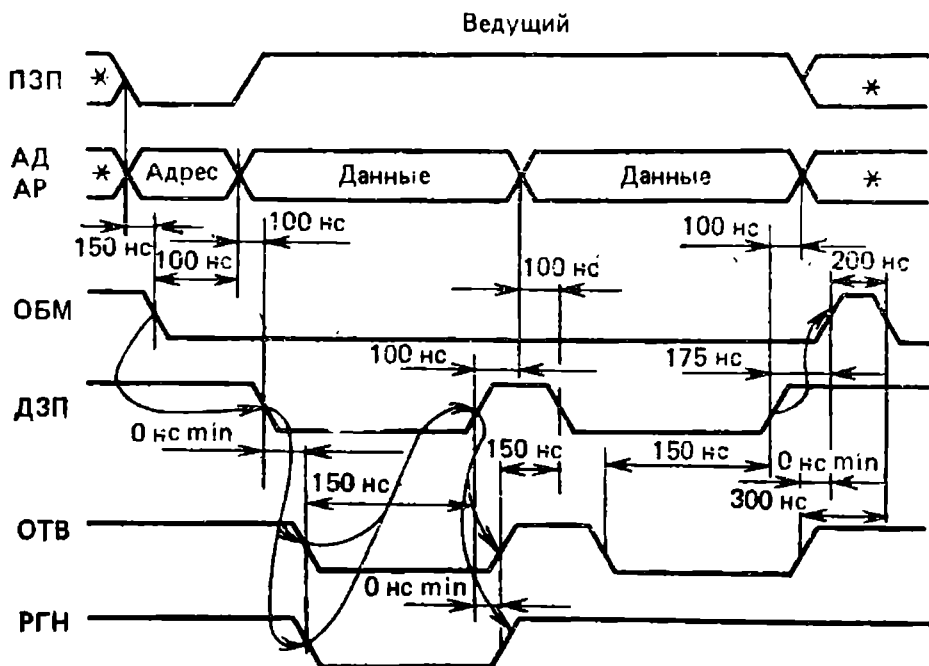


Рис. 2.3. Блочная запись в МПИ СЭМ

тельность событий в соответствии с временной диаграммой, приведенной на рис 2.4.

Четырехуровневая позиционная система приоритетов обеспечивает возможность программного изменения приоритета устройств на разрешение прерывания. Блок-схема системы приоритетов устройств

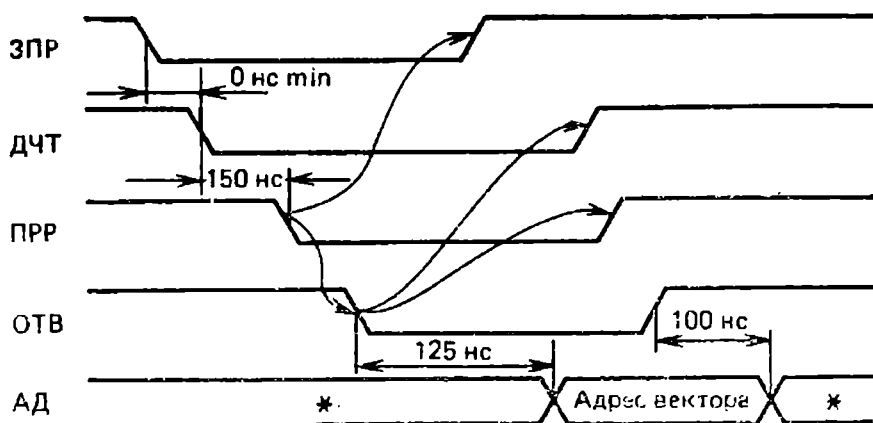


Рис. 2.4. Прерывание в МПИ СЭМ

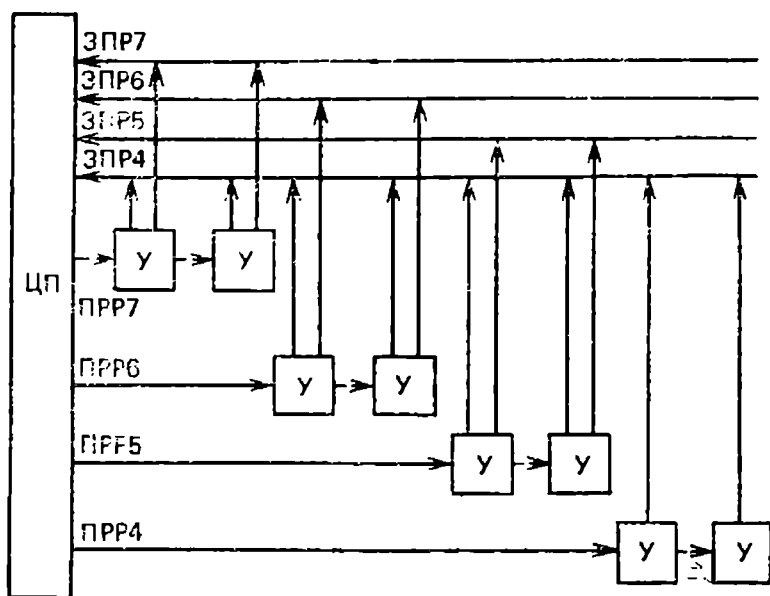


Рис. 2.5. Четырехуровневая позиционная система приоритетов в МПИ СЭМ

приведена на рис. 2.5. На каждый из уровней процессором может быть наложена программная маска, т. е. запрещение на прерывание по: 4; 4 и 5; 4, 5 и 6; 4, 5, 6 и 7-му уровням. При этом выдача запроса на прерывание соответственно разрешается устройствам 5, 6 и 7; 6 и 7; 7-го уровня приоритета. Четырехуровневая позиционная модифицированная система прерываний используется для сокращения времени обработки прерывания за счет сокращения пути прохождения

ния сигнала ПРР. Фактически эта система объединяет четыре одио-уровневые системы прерываний. При этом обеспечивается программное маскирование запросов на прерывание.

Четырехуровневая непозиционная система прерываний обеспечивает независимость приоритета каждого устройства от его месторасположения относительно процессора или других устройств. Уровень приоритета в устройстве реализуется аппаратно соответствующим набором входов и(или) выходов для подключения к линии ЗПР.

Процессор может маскировать сигналы ЗПР и выдавать сигнал ПРР (ПРРИ) при наличии незамаскированных запросов. Устройство, не выставившее запрос на прерывание или имеющее сигнал на одном или двух входах с линией ЗПР, транслирует сигнал ПРР далее (вырабатывает сигнал ПРРИ). В остальном вырабатываемые на магистрали процедуры аналогичны описанным выше.

Прерывание по внешнему событию используется в системах, работающих в реальном масштабе времени. Требование прерывания по сигналу ПВС не сопровождается выдачей адреса вектора прерывания по линиям АД. Процессор по получении сигнала ПВС автоматически переходит к обслуживанию этого прерывания путем перехода по вектору с адресом 100. Процедура включения, нарушения и восстановления питания унифицирована.

2.4.5. Физическая реализация

Проект ГОСТа дополняет ГОСТ 26765.51—86 в части требований к физической реализации МПИ, в том числе к распределению сигналов по контактам для различных типов интерфейсных разъемов.

2.5. СИСТЕМНАЯ МАГИСТРАЛЬ ПЭВМ ТИПА Э-85

2.5.1. Назначение

Системная магистраль (СМ) ПЭВМ предназначена для обмена между ЦП и модулями (контроллерами внешних устройств (ВУ)), управляемыми в шести позициях. Все модули, подключаемые к СМ, используют одни и те же магистральные связи, за исключением радиальных сигналов запроса обмена, выбора и занятости позиций.

2.5.2. Логическая организация

Связь между двумя устройствами, подключенными к магистрали, осуществляется по принципу «ведущий-ведомый» (активный-пассивный). При этом в любой момент времени только одно устройство является активным. Связь через магистраль замкнута, т. е. на каждый управляющий сигнал от активного устройства должен поступить ответный сигнал от пассивного устройства. В пределах 7 мкс (тайм-аут) обмен между устройствами не зависит от времени отклика пассивного устройства.

Системная магистраль содержит набор линий связи (табл. 2.6), часть из которых являются двунаправленными. Все операции обмена по СМ именуются *циклами обращения*. Направление передачи при выполнении циклов обмена данными определяется по отношению к ведущему устройству. В промежутках между циклами обращения

Т а б л и ц а 2.6. Системная магистраль ПЭВМ типа Э-85

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Линии передачи данных</i>		
Адрес-данные	МАД (00...21)	Передача адресов и данных с разделением во времени
Адресный цикл	МАЦВ	Идентификация адресного цикла на магистрали
Входящее устройство	МВУ	Признак 8 К старших адресов в магистрали
Данные чтения	МДЧТ	Признак готовности чтения данных
Цикл данных	МД	Признак начала цикла данных в магистрали
Вывод данных	МВАД	Признак операции вывода данных
Запись младшего байта	МЗПМБ	Признак записи младшего байта
Запись старшего байта	МЗПСБ	Признак записи старшего байта
Обмен	МОБМ	Синхронизация в циклах обмена данными
Ответ	МОТВ	Ответный синхросигнал ведомого устройства

Линии управления режимом ПДП

Запрос магистрали	МЗМ (1...6)	Сигнал запроса на ПДП от позиций 1...6
Разрешение захвата магистрали	МРЗМ	Сигнал разрешения захвата магистрали
Подтверждение захвата	МПЗ	Сигнал подтверждения захвата магистрали
Тактирующий сигнал	ТС	Сигнал тактирования работы ЦП

Линии признака позиции

Запросы обмена, линии А	МЗОА (1...6)	Раднальные линии А запросов ВУ, размещенных в позициях 1...6 СМ
Запросы обмена, линии Б	МЗОВ (1...6)	Раднальные линии Б запросов ВУ, размещенных в позициях 1...6 СМ
Позиция магистрали выбрана	МПМВ (1...6)	Раднальные линии, поступающие от дешифратора адреса устройств СМ

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Линии управления состоянием магистрали</i>		
Установка	МУСТ	Установка модулей СМ в исходное состояние
Авария источника питания	МАИП	Сигнал от источника питания о том, что постоянный ток в пределах нормы
Авария сетевого питания	МАСП	Сигнал от источника питания о том, что напряжение сети в норме

Примечание. Позиции используются следующим образом: 1 — контроллер НМД; 2 — контроллер НГМД; 3 — видеоконтроллер; 4 — расширитель памяти видеоданных; 5 — контроллер канала общего пользования (КОП); 6 — резерв.

к магистрали возможно предоставление СМ устройству ПДП. Последовательность циклов при выполнении обмена данными между ЦП и памятью ЦП и ВУ идентична.

2.5.3. Функциональная организация

Системная магистраль выполняет следующие *основные функции*: чтение, запись, чтение/пауза/запись, прерывание.

При цикле «Чтение» ЦП устанавливает сигнал МАЦВ, и информируя о начале адресного цикла, одновременно передает по линиям МАД адрес, вырабатывает сигнал МВУ в случае адреса, лежащего в области адресов ВУ. Через 220 нс после установки адреса ЦП вырабатывает сигнал МОБМ; ВУ дешифрирует адрес и запоминает его. Через 100 нс ЦП снимает сигнал МАЦВ и адрес с линией МА(00...21), вырабатывает сигнал МДЧТ, сигнализируя о том, что он готов принять данные от ВУ, и одновременно сигнал МД, информируя о начале цикла данных в магистрали.

Устройство помещает данные на линии МАД и вырабатывает сигнал МОТВ, идентифицирующий наличие данных на магистрали. Центральный процессор принимает сигнал МОТВ и данные и через 300 нс с момента поступления МОТВ снимает МДЧТ и МД, который полностью повторяет МДЧТ. Устройство снимает сигнал МОТВ, завершая передачу данных. Через 100 нс после снятия МОТВ ведомым устройством ЦП снимает сигнал МОБМ, завершая тем самым цикл «Чтение».

Если сигнал МОТВ не вырабатывается в течение 9 мкс после выработки МДЧТ (МД), то схемой формируется сигнал «Ошибка обращения к магистрали», по которому ЦП переходит к обслуживанию внутреннего прерывания по ошибке обращения к магистрали.

Цикл «Запись» выполняется в начальной фазе аналогично циклу «Чтение». После снятия сигналов МАЦВ и адреса ЦП устанавливает данные, через 600 нс вырабатывает сигналы МЗПСБ и МЗПМБ, означающие, что на линиях МАД(00...15) помещены данные. При

байтовых операциях помещается только один из этих сигналов в зависимости от исполнительного адреса. Ведомое устройство принимает данные и в ответ вырабатывает сигнал МОТВ, получив который ЦП снимает через 300 нс сигналы МДЗП, а через 450 нс после МОТВ — данные. Это гарантирует надежный прием данных ведомым устройством. Ведомое устройство снимает сигнал МОТВ, завершая операцию приема данных. Центральный процессор через 225 нс после снятия сигнала МОТВ ведомым устройством снимает сигнал МОБМ, завершая цикл «Запись».

Формирование сигналов ошибки по тайм-ауту — аналогично операции «Чтение».

Цикл «Чтение/пауза/запись» аналогичен операции «Чтение/модификация/запись», используемой в МПИ. Цикл включает чтение данных, выполнение арифметически-логической операции и запись результата операции без передачи адреса, т. е. результат записывается по адресу последнего выбранного операнда.

В отличие от цикла «Чтение» сигнал МОБМ остается активным и после окончания ввода данных, что позволяет осуществлять вывод модифицированных данных без повторения адресной части цикла.

При прерывании выполняется такая последовательность событий: устройство, готовое прервать процессор, устанавливает соответствующий сигнал запроса, например ЗПР4;

процессор параллельно с выполнением текущей программы постоянно анализирует состояние линии ЗПР4 и при появлении на ней запроса и после окончания текущего обмена или другого взаимодействия на магистрали устанавливает сигналы на линии ДЧТ и ПРР4 (ПРР4П);

ближайшее по линии ПРР4 устройство, выставившее сигнал ЗПР4, при получении сигнала ПРР4 блокирует его дальнейшее распространение, сбрасывает сигнал ЗПР4, устанавливает сигнал на линии ОТВ и адрес вектора прерывания на линиях АД;

процессор принимает адрес вектора прерывания с линий АД, сбрасывает сигналы ДЧТ и ПРР4 и приступает к обслуживанию прерывания;

после сброса процессором сигнала ДЧТ устройство, выставившее прерывание, снимает адрес вектора прерывания с линий АД и сбрасывает сигнал ОТВ.

Устройство обмена данными в режиме ПДП должно использовать все функции ведущего устройства по управлению магистралью. Порядок взаимодействия в этом режиме следующий: устройство ПДП формирует сигнал МЗМ; по завершении текущего цикла обращения к магистрали ЦП вырабатывает сигнал МРЗМ. При этом ЦП переходит в пассивное состояние и формирование очередного цикла обращения магистрали исключается, генератор останавливается; устройство ПДП, получив сигнал МРЗМ, вырабатывает сигнал подтверждения захвата магистрали МПЗ, подтверждая управление магистралью, и снимает сигнал МЗП; ЦП снимает сигнал МРЗМ и находится в пассивном состоянии до окончания ПДП; устройство ПДП, получив управление магистралью и используя циклы обращения к магистрали, осуществляет передачу данных в память, выполняя функции ведущего устройства; по завершении последнего цикла обмена данными устройство ПДП снимает сигнал МПЗ, извещая ЦП о завершении им цикла ПДП; ЦП переходит в активное состояние и возобновляет работу как ведущее устройство.

Время предоставления ПДП не превышает 8 мкс с момента получения сигнала МЗМ. Логика ПДП формирует сигнал РЗМ для

позиции, в которой установлено устройство с высшим приоритетом, запросившее ПДП, а также сигнал, останавливающий генератор на время цикла ПДП. Сигнал МЗП поступает в регистр «Запросы ПД», стробируемый с периодом 600 нс.

В позицию, где установлено устройство с наивысшим приоритетом, запросившее ПДП, поступает сигнал МРЗП и разрешается работа логики возврата из цикла ПДП.

В ответ на сигнал МРЗМ устройство ПДП снимает сигнал МПЗ, блокирует вход логики возврата из цикла ПДП. При отсутствии сигнала МПЗ в течение 225 нс сбрасывает триггер и МРЗМ снимается с магистрали. По завершении цикла обмена устройство ПДП снимает сигнал МПЗ с линии магистрали на входах элемента возврата из цикла ПДП и генератор вновь запускается. Для обеспечения работы в режиме ПДП при наличии нескольких активных устройств схема ПДП осуществляет арбитраж между ними, предоставляя магистраль устройству с высшим приоритетом, одновременно схема запрещает работу ЦП на период всего цикла ПДП.

2.5.4. Физическая реализация

Приемопередающие усилители обеспечивают подключение до шести одноплатных модулей с двумя нагрузками на каждый модуль. Системная магистраль реализуется в системном модуле в виде участка печатной платы с 90-контактными соединителями с нулевым усилением, одноименные магистральные контакты связаны между собой.

2.6. СИСТЕМНАЯ МАГИСТРАЛЬ ЕС ПЭВМ

2.6.1. Назначение

Системная магистраль, или канал ввода-вывода, предназначена для обмена данными между ЦП и электронными модулями (ЭМ), устанавливаемыми в семи позициях на многослойной печатной плате. Все ЭМ, подключенные к СМ, используют одни и те же магистральные связи, за исключением радиальных линий запросов прерываний по программному каналу и ПДП.

Системная магистраль в части логической и функциональной организации совместима с каналом ввода-вывода IBM PC/XT.

2.6.2. Логическая организация

Связь между двумя ЭМ осуществляется по принципу ведущий-ведомый. При этом в любой момент времени только один ЭМ является ведущим. Связь ЭМ через СМ осуществляется синхронно с помощью общих для всех ЭМ управляющих сигналов.

Системная магистраль (табл. 2.7) использует двунаправленные шины адреса и данных. Часть контактов соединителя (в табл. 2.7 отсутствуют) зарезервирована для расширения шин данных до 32 разрядов и шин адреса до 24 разрядов, часть линий — для дополнительных управляющих сигналов. Направление передачи сигналов по СМ — относительно ЭМ. Управление соответствующими каналами ПДП осуществляется системным ЭМ, который имеет встроенный канал ПДП для организации циклов регенерации оперативной памяти.

Т а б л и ц а 2.7. Системная магистраль ЕС ПЭВМ

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Линии передачи данных</i>		
Данные	D0...D15	Передача младшего и старшего (8...15) байта данных
Разрешение передачи СБ	—BHE	Разрешение передачи старшего байта
Чтение из ПВВ	—IOR	Признак операции чтения из порта ввода-вывода
Запись в ПВВ	—IOW	Признак операции записи в порт ввода-вывода
Чтение из памяти	—MEMR	Признак операции чтения из памяти
Запись в память	—MEMW	Признак операции записи в память
Адрес	A0...A19	Передача адреса памяти или ПВВ

Линии прерывания и управления ПДП

Запросы обмена	IRQ2...IRQ7	Линии запросов на прерывание от шести ЭМ
Запрос ПДП	DRQ1...DRQ3	Линии запросов на соответствующий канал ПДП
Подтверждение захвата	—ACK0... ...—ACK3	Линии подтверждения захвата СМ соответствующим КПД
Разрешение адреса	REN	Разрешение от ЦП цикла передачи ПДП на СМ
Конец передачи	T/C	Признак последнего цикла передачи КПД

Линии общего управления СМ

Сброс	—СБРОС	Сигнал из ЭМ электропитания
Сброс ЦП	RESET	Сброс процессора по включению электропитания
Синхронизация	OSC	Сигнал задающей серии синхроимпульсов
Рабочая частота	CLK	Рабочая серия синхронимпульсов
Готовность канала	I/O CH RDY	Признак готовности канала ввода-вывода
Ошибка канала	—I/O CH CK	Признак ошибки канала ввода-вывода
Звуковой сигнал	—SPEAKER	Для подключения усилителя к динамiku

2.6.3. Функциональная организация

Интерфейс представляет *расширенную шину микропроцессора*, дополненную средствами управления прерываниями и операциями ПДП. Интерфейс содержит 16-разрядные двунаправленные шины данных, 20-разрядные шины адреса, шесть линий запросов (уровней) на прерывание, линии управления операциями ввода-вывода и записи/чтения при обмене с оперативной памятью, линии управления тремя КПД, операциями регенерации и контроля по четности, линии питания и земли для адаптеров ввода-вывода.

Сигнал BHE при обмене с 8- и 16-разрядными данными совместен с младшим разрядом адреса A0 определяет формат передаваемых данных.

Сигналы MEMR (IOR) и MEMW (IOW) выдаются системным ЭМ и идентифицируют операцию для оперативной памяти или портов ввода-вывода.

Линии OSC, CLK обеспечивают СМ сериями задающих и рабочих синхроимпульсов с частотой (скважностью), равной 12,888(2) и 4,096(3) соответственно (частота дана в МГц).

Линии запросов на прерывание фиксируются в системном ЭМ по фронту. Приоритет запросов фиксированный, причем источники запросов IRQ0, IRQ1 расположены в системном ЭМ, а IRQ2 имеет низкий приоритет на СМ.

Сигналы запросов на обслуживание соответствующим каналом ПДП должны быть в состоянии лог. 1 до тех пор, пока системный ЭМ не выдаст соответствующий сигнал подтверждения захвата СМ каналом ПДП. Запрос DRQ0 и соответствующий канал ПДП используются внутри системного ЭМ для организации циклов регенерации памяти. Для операций регенерации используется только 7 % общей пропускной способности СМ.

Сигнал строга адреса при выполнении на СМ цикла обращения (длительностью порядка 1,2 мкс) идентифицирует адрес с момента его выдачи базовым микропроцессором системного ЭМ.

Сигнал готовности СМ используется адаптерами низкоскоростных устройств ввода-вывода (УВВ) или памяти при необходимости удлинения цикла передачи данных по СМ. Для этого адаптер при распознавании относящейся к нему команды СМ переводит выход ППЭ своего сигнала готовности из высокоимпедансного состояния в низкий уровень на время необходимого удлинения цикла, но не более чем на 10 периодов CLK для избежания потери циклов регенерации памяти.

Сигнал ошибки вырабатывается ЭМ, имеющим внутренний аппаратный контроль, для сообщения системному ЭМ об ошибке. При отсутствии ошибки ЭМ поддерживает выход ППЭ этого сигнала в высокоимпедансном состоянии, а при наличии ошибки переводит его в низкий уровень, по которому осуществляется немаскируемое прерывание в процессоре, идентифицирующее обычно ошибку по четности.

Сигнал разрешения адреса ПДП, вырабатываемый процессором (или другим устройством) сигнализирует ЭМ о выполнении на СМ цикла передачи по каналу ПДП, который управляет шинами адреса и данных, линиями команд чтения/записи.

Сигнал T/C используется при передаче массивов данных по каналам ПДП для указания о выполнении последнего цикла передачи и завершении обмена по активному в данный момент времени каналу ПДП.

Все УВВ адресуются с использованием общей системы адресации процессора. В СМ отводится 768 адресов УВВ, доступных ЭМ.

2.6.4. Физическая реализация

Приемопередающие усилители обеспечивают подключение до семи одноплатных ЭМ с двумя нагрузками на каждом. Системная магистраль реализуется в конструктивном модуле в виде многослойной печатной платы с 135-контактными соединителями, одноименные контакты которых связаны между собой. Распределение сигналов СМ по контактам соединителя типа СМП34С-135/132×9,4Р-22 дано в табл. 2.8.

Т а б л и ц а 2.8. Распределение сигналов системной магистрали ЕС ПЭВМ по контактам

Сигнал	Контакт	Сигнал	Контакт
BHE, A0	C02, C01	ALE, AEN, T/C	C09, C10, C14
A1...A19	A01...A19	RESET, СБРОС	C16, B23
D0...D15	A30...A45	OSC, CLK	C18, C11
IOR, IOW	A26, A27	I/O CH RDY	C15
MEMR, MEMW	A28, A29	I/O CH CK	C21
IRQ2...IRQ7	C03...C08	SPEAKER	B15
DRQ1...DRQ3	C23...C25	5; 12 В	B01, B45, B09
DACK0...DACK3	C26...C29	GND	B03, B07, B11, B17, B21, B25, B29, B33, B39, B43

Глава 3

Интерфейсы периферийного оборудования

3.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

3.1.1. Основные сведения

Использование различных функциональных классов периферийных устройств (ПУ), отличающихся физическими принципами работы, быстродействием, уровнями сигналов, обусловило унификацию интерфейсов ПУ соответствующих функциональных классов, часто называемых *специализированными* (устройствозависимыми) или *малыми* интерфейсами.

Требование минимизации числа типов контроллеров, ПУ, устройств ввода-вывода (УВВ) и внешних запоминающих устройств (ВЗУ) различных типов обусловило дальнейшую унификацию малых интерфейсов и стандартизацию и/или применение *универсальных*, не-

зависимых от типа ПУ, интерфейсов различного функционального назначения и быстроедействия.

В настоящее время стандартизируются интерфейсы программируемых ПУ и подсистем ввода-вывода, имеющих достаточно высокие уровни архитектуры.

В соответствии с рекомендациями подкомитета МОС/ТК97/ПК13 интерфейсы ПУ классифицируются на две большие категории: двухточечного (радиального) и многоточечного (магистрального) подключения. В свою очередь, интерфейсы радиального и магистрального подключения разделяются на группы локального и удаленного последовательного и параллельного подключения.

Наиболее широко распространенные специализированные и универсальные интерфейсы, преимущественно используемые в ЭВМ различных классов для подключения функциональных групп ПУ, приведены в табл. 3.1. Основные из них (в основном отечественные) рассмотрены в настоящей главе.

Таблица 3.1. Основные интерфейсы периферийных устройств

Классификационный признак	Зарубежный	Отечественный, СЭВ
---------------------------	------------	--------------------

Универсальные

Двухточечное подключение: радиальные параллельные	BS 4421 Centronics CL RS-232C, RS-449	ИРПР ИГПР-М ИРПС С2
радиальные последовательные		
Многоточечное подключение: параллельные локальные общего назначения	SCSI, IPI	Проект СЭВ, ИРВ ЕС
последовательные магистральные общего назначения	RS-422, RS-423 RS-485 HP-IL	С2-ИС Проект СЭВ
последовательные магистральные специальные	IC, D-B	Проект СЭВ —

Специализированные

Магистральные НМД: большой емкости кассетные с фиксированными головками винчестерского типа на гибких МД	SMD, SCSI ST506/412, SCSI ST506 SCSI, ESDI ST506, SCSI	СМД ИКМД ИФМД ИМД-М ИГМД
Магистральные НМЛ: катушечные поточковые «Картридж» кассетные	IBM 360/370 F880 QIC-36 QIC-02	ИНМЛ ИНМЛ-П ИНМЛ-К ИKNMЛ

3.1.2. Универсальные интерфейсы ПУ общего назначения

Для обеспечения одинаковой реализации большого числа ПУ различных функциональных групп в мини- и микроЭВМ, ПЭВМ широко используются базовые интерфейсы радиального двухточечного и магистрального многоточечного сопряжения устройств с параллельным и последовательным способами передачи данных (табл. 3.2).

Т а б л и ц а 3.2. Основные интерфейсы подключения ПУ общего назначения

Классификационный признак	Зарубежный	Отечественный	Область применения
Параллельные двухточечного подключения	BS 4421 Centronics	ИРПР (ОСТ 25 778-82) ИРПР-М (проект НМ)	УВВ алфавитно-цифровой информации, устройства локальной и межсистемной связи
Последовательные двухточечного подключения	CL (Current loop) RS-232C (нуль-модем)	ИРПС Стык С2	УВВ алфавитно-цифровой информации, устройства дистанционной межсистемной связи, КНМЛ, ИГМД
Последовательные многоточечного подключения	RS-422, RS-423 RS-485	Стык С2-ИС —	То же

В настоящее время фактическим стандартом в ПЭВМ является интерфейс Centronics, обеспечивающий локальное радиальное подключение очень широкого круга устройств с параллельной передачей информации.

Локальное и дистанционное подключение устройств общего назначения малого быстродействия осуществляется интерфейсами типа CL и ИРПС, минимального варианта — интерфейсом RS-232C (режим «нуль-модема»), а среднего быстродействия — интерфейсами типа RS-422, RS-423 и RS-485, которые в основном используются в ЭВМ и ВС для подключения устройств телсообработки данных и поэтому подробно рассмотрены в гл. 4.

В ряде микропроцессорных СОД в качестве физических интерфейсов последовательного распределенного магистрального подключения ПУ применяются физические интерфейсы типа I²C, D²B, а также интерфейсы мультиплексных (магистральных) каналов (МК) MIL-1553B, MIL-1773, которые в основном используются в распределенных системах управления (PCY) специального назначения (см. гл. 9).

В некоторых экономических измерительных и испытательных системах на базе портативных микроЭВМ и ПЭВМ применяется кольцевой последовательный способ подключения ПУ малого и среднего

быстродействия интерфейсами типа IEC 625-1 Serial HP-IL (интерфейсная петля HP), совместимыми логически с параллельными интерфейсами типа HP-IB, IEEE-488, IEC 625-1, КОП (см. гл. 5).

3.1.3. Системные интерфейсы программируемых устройств

В СОД, содержащих большое количество периферийного оборудования широкой номенклатуры, использование унифицированных универсальных параллельных интерфейсов обеспечивает экономичное построение систем ввода-вывода (СВВ) различной конфигурации и сложности, существенное сокращение срока и стоимости создания систем средней и большой производительности и соответствующего программного обеспечения.

Наибольшее значение на современном этапе развития СОД имеют стандартные интерфейсы магистрального подключения, оптимизированные для периферийного оборудования малой, средней и большой производительности. Интерфейсы должны обеспечить одновременную работу различных функциональных групп ПУ без ограничения производительности СОД, а также возможностей размещения ПУ.

Функциональные спецификации стандартных интерфейсов должны определять полное взаимосоединение с минимальными затратами на обеспечение электрической, конструктивной и информационной совместимости, в том числе требования к форматам данных, команд, слов состояния оборудования.

Два основных типа универсальных интерфейсов SCSI и IPI разрабатываются МОС/ТК97/ПК13 для подключения периферийного оборудования общего назначения. Они являются проектами стандартов и/или международными стандартами.

В табл. 3.3 приведены наименования документов, разрабатываемых МОС/ТК97/ПК13 на основе прототипных стандартов ANSI.

Т а б л и ц а 3.3. Проекты международных стандартов на интерфейсы SCSI, IPI

Документ	ANSI	ISO TC/37/SC13	ЕСМА
SCSI «Системный интерфейс малых ЭВМ»	X3.131—1986	DP 9316	111
IPI «Физический уровень»	X3.129—1986	DP 9318	—
IPI «Состав команд для накопителей на МД, зависящий от устройств»	X3.130—1986	DP 9319	—
IPI «Состав команд, общий для устройств на магнитных и оптических дисках»	X3.132—198X	DP 9320	—
IPI «Состав команд, общий для устройств на магнитной ленте»	X3.147—198X	DP 9321	—
IPI «Состав команд, общий для устройств передачи данных»	—	DP 384, G 3	—

Интерфейс SCSI разработан на основе доработки популярного интерфейса SASI для малых коммерческих СОД, который был расширен в направлении использования дифференциальных приемопередающих элементов (ППЭ) для увеличения длины кабеля до 25 м и повышения помехозащищенности;

реализации режима синхронной передачи для достижения скорости передачи 3...4 Мбайт/с;

увеличения числа расширенных команд для устройств очень большой вместимости (до 2^{32} вместо 2^{21} блоков в SASI), а также команд запросов для специального программного обеспечения драйверов;

введения дополнительного набора команд для накопителей на МД, МЛ (старт-стопных и потоковых), оптических дисков, печатающих устройств, процессоров.

Интерфейс поддерживается интерфейсными БИС и широко используется многочисленными производителями накопителей внешней памяти для малых систем.

Интерфейс IPI рассматривается в качестве стандартного для подключения программируемых контроллеров высокопроизводительных ПУ, главным образом НМД и НМЛ. Технические характеристики интерфейса выбраны совместно с разработчиками СОД и изготовителями комплексного оборудования. Основное внимание уделено параметрам производительности, функциям ввода-вывода, диагностирования и обслуживания.

При разработке IPI принимались во внимание существующие и разрабатываемые стандарты на интерфейсы SASI/SCSI, SMD.

3.2. ИНТЕРФЕЙСЫ ИРПР, ИРПР-М

3.2.1. Интерфейс ИРПР

1. Общие сведения. Интерфейс для радиального подключения устройств с параллельной передачей информации (ИРПР) предназначен для реализации сопряжения УВВ общего назначения (старт-стопных, синхронных, с буфером или без буфера) в мини- и микроЭВМ.

Интерфейс ИРПР обеспечивает единые способы обмена информацией для различных УВВ при работе с контроллером (К), при непосредственном соединении двух УВВ, удаленных друг от друга на расстоянии до 15 м, и может быть использован при построении сосредоточенных модульных СОД.

Международным аналогом ИРПР можно считать стандарт BS 4421.

2. Логическая и функциональная организация. Состав линий связи ИРПР приведен в табл. 3.4.

В организации обмена в простейшем случае участвуют источник (И) и приемник (П). Устройство, реализующее функции И и П, использует два набора линий связи. Назначение линий связи группы управления ИРПР приведено в табл. 3.5.

При передаче данных нет ограничений в отношении комбинации сигналов на линиях данных. В устройствах может быть использовано меньшее число разрядов данных. Контрольные разряды КРО и КРІ являются необязательными и определяются для каждого конкретного устройства. Эти разряды дополняют соответствующий байт до нечетности.

Максимальное число сигналов состояния от И или П равно восьми.

Т а б л и ц а 3.4. Линии интерфейса ИРПР

Наименование	Обозначение		Направление
	русское	международное	
Экран	Э	S	—
Нуль	ОВ	Z	—
Готовность источника	ГИ	SO	От И к П
Готовность приемника	ГП	AO	От П к И
Строб источника	СТР	SC	От И к П
Запрос приемника	ЗП	AC	От П к И
Данные (2 ⁰ ...2 ⁷)	D0...D7	D0...D7	От И к П
Контрольный разряд младшего байта*	KP0	DP0	От И к П
Данные (2 ⁸ ...2 ¹⁵)*	D8...D15	D8...D15	От И к П
Контрольный разряд старшего байта*	KP1	DP1	От И к П
Состояние приемника*	СП1...СП8	A1...A8	От П к И
Состояние источника*	СИ1...СИ8	S1...S8	От И к П

* Эти линии необязательны и в сопряжении могут отсутствовать.

ми. Они выдаются аналогично данным и являются синхронными, однако в технически обоснованных случаях возможно использование асинхронных сигналов, которые могут изменить свое состояние в любой момент времени. Эти сигналы относятся к состояниям, не связанным непосредственно с передачей данных, и сохраняются на ли-

Т а б л и ц а 3.5. Назначение сигналов управления ИРПР

Сигнал	Назначение	
	Лог. 1	Лог. 0
ГИ	И работоспособен и готов к передаче информации под управлением СТР и ЗП. Переход ГИ из лог. 1 в лог. 0 происходит при СТР=0	И неработоспособен и состояние других линий игнорируется
ГП	И работоспособен и готов к приему информации под управлением СТР и ЗП. Переход ГП из лог. 1 в лог. 0 происходит при ЗП=0	И неработоспособен и состояние других линий игнорируется И
СТР	Данные действительны при ЗП=1	Данные могут быть недействительны
ЗП	П запрашивает новую информацию от И	П не готов к приему нового слова, но принял предыдущее, если оно было

П р и м е ч а н и е. Сигналы ГИ и ГП взаимозависимы.

ниях в течение всего времени, пока существует соответствующее состояние.

Обмен данными осуществляется в жестко обусловленном режиме «запрос-ответ». Все сигналы определяются на стороне устройства-задатчика. Устройство-исполнитель компенсирует разницу в задержке принимаемых сигналов.

3. Физическая реализация.

Электрические характеристики: сигналы на линиях соответствуют ТТЛ-уровню, используемая логика — отрицательная; передатчик — интегральная микросхема (ИМС) с открытым коллектором с допустимым током нагрузки не менее 40 мА; приемник — ИМС с входным током не более 1,6 мА; линии связи — однонаправленные с волновым сопротивлением кабеля (110 ± 20) Ом; согласование с волновым сопротивлением кабеля обеспечивается на входе приемника.

Конструктивные характеристики: соединитель и кабель связи с УВВ являются принадлежностью контроллера или системы; тип соединителя от УВВ и назначение его контактов указывается в документации на УВВ; ответная часть соединителя с УВВ поставляется с УВВ с указанием разделки в нем кабеля; тип соединителя для выхода на линии связи и назначение контактов соединителя не регламентируются.

Таблица 3.6. Назначение контактов соединителя СНП 59-96/94 при реализации ИРПР

Сигнал	Контакт
<i>От источника</i>	<i>Ряд В</i>
Д0-И...Д7-И	9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23
Д8-И...Д15-И	8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22
КР1-И, КР0-И	24, 25
ГП-И, ГИ-И	1, 3
ЗП-И, СТР-И	5, 7
СП1-И (СП1-И)...СП8-И (СП8-И)	27, 29, 31, 26, 28, 30, 4, 6
<i>От приемника</i>	<i>Ряд С</i>
Д0-П...Д7-П	10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24
Д8-П...Д15-П	9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23
КР1-П, КР0-П	25, 26
ГП-П, ГИ-П	2, 4
ЗП-П, СТР-П	6, 8
СП1 (СП1-П)...СП-8 (СП8-П)	28, 30, 32, 27, 29, 31, 5, 7
<i>Земля</i>	<i>Ряд А</i>
0 В	1...32

Примечания: 1. В скобках приведены возможные сигналы. 2. Для УВВ с меньшим числом контактов возможно использование 64-, 48-, 32-контактных разъемов того же типа.

4. Рекомендации по применению. В качестве кабеля связи используется плоский кабель, а также витые пары, обеспечивающие необходимое волновое сопротивление.

Пример физической реализации приемника: К555ТЛ2, резисторы согласования на $+5\text{ В} - 150\text{ Ом} \pm 5\%$, на $0\text{ В} - 390\text{ Ом} \pm 5\%$. Тип соединителя от контроллера определяется соответствующим комплексом. Рекомендуется в УВВ использовать вилку типа СНП 59-96/94×11В-23-2-1-В Ке0.364.048 ТУ с распределением контактов в соответствии с табл. 3.6.

3.2.2. Интерфейс ИРПР-М

1. Общие сведения. ИРПР модифицированный (ИРПР-М) обеспечивает радиальное подключение в основном печатающих устройств и других устройств с параллельной передачей информации к техническим средствам (ТС) с микропроцессорным управлением. Подключение ПУ к К или к другому ПУ осуществляется радиально посредством кабеля. Международным аналогом ИРПР-М является широко распространенный в ПЭВМ интерфейс Centronics.

2. Логическая организация. Передача данных осуществляется между

Т а б л и ц а 3.7. Линии интерфейса ИРПР-М

Наименование	Обозначение		Направление
	международное	русское	

Линии заземления и питания

Нуль	0V	0 В	—
Экран	CG	Э	—
Питание	+5V	+5 В	—

Линии управления

Готовность приемника	SLCT	ГП	от П к И
Строб	—STROBE	—СТР	от И к П
Подтверждение	—ACKV LG	—ПТВ	от П к И
Занят*	BUSY	ЗАН	от П к И
Сброс*	—INIT	—СБР	от И к П
Выбор*	—SLCTIN	—ВЫБОР	от И к П
Ошибка*	—ERROR	—ОШ	от П к И
Конец бумаги*	—PE	—КБМ	от П к И
Автоматический перевод строки	—AVTOFD	—АПС	от И к П

Информационные линии

Данные (1...8)	D0...D7	D1...D8	—
Состояние (1...8)**	STATE	C1...C8	—

* Сигналы необязательны, при применении рекомендуется не изменять их значения.

** Сигналы необязательны, при применении необходимо согласование.

одним И и одним К. Набор линий (сигналов) сопряжения, разделенных на три группы (заземления и питания, управления, информационные), приведен в табл. 3.7.

Устройства или контроллеры, совмещающие функции И и П, используют два набора линий связи ИРПР-М.

3. Функциональная организация и назначение сигналов.

«Строб»: при лог. 0/1 — данные действительны/недействительны. Длительность импульса с лог. 0 — не менее 0,5 мкс.

«Данные»: высокому/низкому уровню соответствует лог. 1/0. Комбинации сигналов на линиях данных соответствует код графического символа или код функции, и на них не накладываются ограничения. Для конкретных устройств допускается использование меньшего числа разрядов.

«Подтверждение»: лог. 1/0 означает, что приемник готов/не готов к приему данных, но принял предыдущие данные. Продолжительность импульса ПТВ с лог. 0 должна быть в диапазоне от 2,5 до 5,0 мкс.

«Занят»: лог. 1/0 означает, что приемник не может/может принимать данные. Приемник может быть занят в случаях ввода данных, состояния «ошибки», состояния заполненного буфера и других случаях, оговариваемых для конкретных устройств.

«Выбор»: лог. 1/0 означает, что П не выбран/выбран и не будет/будет принимать информацию с линий данных.

Линия «Экран» обеспечивает защиту от помех передаваемых сигналов и соединяется с металлическим корпусом устройства непосредственно через резистор с электрическим сопротивлением 100 Ом.

К сигналам «Состояние» относятся различные сигналы от И к П, а также от П к И. Сигналы являются асинхронными.

Обмен данными осуществляется с помощью сигналов СТР и ПТВ с использованием сигнала ЗАН в режиме «запрос-ответ». И может передавать по линии СТР импульс с лог. 0 только после того, как П передал по линии ПТВ импульс с лог. 0 и на ПТВ вновь установлен уровень лог. 1.

Временная диаграмма при обмене данными приведена на рис. 3.1. Все сигналы определяются на стороне И. П на своей стороне компенсирует разброс на линиях информации.

Данные на входе И считаются действительными после того, как на входе П сигнал СТР принял значение лог. 0.

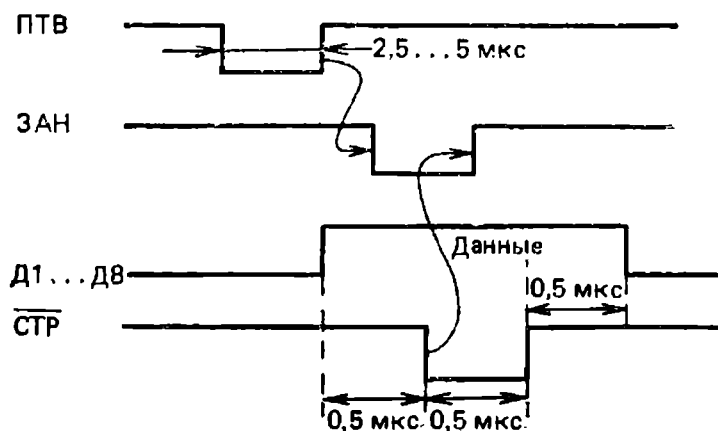


Рис. 3.1. Обмен данными в ИРПР-М

4. Физическая реализация. Рекомендуемые 37-контактные соединители розеточного (гнездового) типа используются для соединения К с устройствами, для которых допускаются розеточные 25-контактные соединители. Распределение сигналов по контактам соединителей (отечественных и зарубежных) приведено в табл. 3.8. При исполь-

Таблица 3.8. Распределение сигналов ИРПР-М по контактам соединителей

Сигнал	Число контактов соединителя		
	36	37	25
—СТР	1/19	1/20	1
Д1...Д8	2/20...9/27	2/21...9/28	2...9
—ПТВ	10/28	10/29	10
ЗАН	11/29	11/30	11
—КБМ	12	12	12
ГП	13	15	15
—АПС	14	14	14
0В	16	16	—
Э	17	17	—
+5В	18	18	—
—СБР	31/30	32/31	15
—ОШ	32	33	16
—ВЫБОР	36	37	17
С1...С8	15, 33, 34, 35	15, 21, 35, 36	—
0В	19...30	20...31	18...25

Примечание. Через косую линию для обратный провод ленточного кабеля, рекомендуемый 37-контактный основной соединитель — типа AMPHENOL; 25-контактный соединитель — типа CMI (ИРВ), 131 (ГБР), CANON; 37-контактный соединитель — типа 251 RACK (СРР).

зовании ленточного кабеля следует обеспечивать согласование с его волновым сопротивлением. При использовании стандартных ИМС типа К555, К155 (лог. 1 от 2,4 до 5,25 В; лог. 0 от 0 до 0,4 В) длина кабеля — не более 1,8 м.

«Конец бумаги»: лог. 1/0 означает отсутствие/наличие бумажного носителя данных. Сигнал является асинхронным.

«Готовность приемника»: лог. 1/0 означает, что приемник неработоспособен/работоспособен и не готов/готов принимать данные. В случае готовности на линии ЗАН высокий уровень.

«Сброс»: лог. 1/0 не вызывает/вызывает установку П в исходное состояние. Продолжительность сигнала при лог. 0 — не менее 2,5 мкс.

«Ошибка»: лог. 1/0 означает, что в П нет/имеется состояние ошибки. Состояние ошибки в П может быть вызвано отсутствием бумаги, внешней остановкой двигателя или другим состоянием, специально оговоренным для конкретного устройства. Сигнал ошибки является асинхронным.

«Автоматический перевод строки»: лог. 1/0 означает, что П не выполняет/выполняет самостоятельный перевод бумаги на одну строку по окончании печати. Сигнал является асинхронным.

3.3. ИНТЕРФЕЙСЫ ИРПС, RS-232C, C2-ИС

3.3.1. Интерфейс ИРПС

1. Общая характеристика. Интерфейс для передачи информации между устройствами с радиальной последовательной связью (ИРПС) обеспечивает единые способы обмена информацией для различных УВВ (старт-стопных, с буфером или без буфера) при работе с К, при непосредственном соединении двух УВВ или двух К.

Подключение УВВ осуществляется радиально посредством кабеля. Использование в качестве соединительных линий выделенных пар в многожильных телефонных кабелях допускается только при наличии специального разрешения.

Интерфейс обеспечивает асинхронную передачу постоянным током (токовая петля) по 4-проводной дуплексной связи. В технически обоснованных случаях допустима и цепь взаимосвязи, указывающая состояние УВВ. Взаимосвязью называется соединение между К и УВВ для передачи последовательных двоичных сигналов с регулярной скоростью, определяемой стандартом или соглашениями.

2. Организация интерфейса. Цепи взаимосвязи приведены в табл. 3.9. Сигналы в цепи 1 возникают в источнике и проходят к приемнику.

Т а б л и ц а 3.9. Цепи интерфейса ИРПС

Номер	Наименование	Обозначение	Направление
1	Передаваемые данные	ПД+ / ПД—	От И к П / от П к И
2	Принимаемые данные	ПрД+ / ПрД—	От П к И / от И к П
3	Готовность приемника (необязательная цепь)	ГП+ / ГП—	От П к И / от И к П

Примечание. Знаки «+», «—» обозначают направление тока в петле

Цепи 1, 2 в интервале между передаваемыми знаками или словами находятся в состоянии 1. Состояние 1 или 0 должно удерживаться в течение целого интервала сигнала. В случае, если устройство предназначено только для приема, цепь 1 остается разомкнутой.

Цепь 3 в состоянии 1/0 указывает готовность/неготовность приемника (УВВ) к приему новой информации.

Формат передаваемой информации (в битах) следующий: старт — 1; передаваемые данные — 5, 7 или 8; четность — 1 или отсутствует; стоп — 1, 5 или 2.

3. Физическая реализация. В активном/пассивном режиме цепи взаимосвязи реализованы так, чтобы они питались от передатчика/приемника.

Для двух вариантов ИРПС имеем:

	Состояние	Ток, мА
40-миллиамперная токовая петля	лог. 1/0	30...50/5...10
20-миллиамперная токовая петля	лог. 1/0	15...25/0...3

Любая схема на приемной стороне рассчитана на исключение повреждения при замыкании проводников в цепи взаимосвязи.

Соединяемые оконечные устройства (К и УВВ) имеют гальваническое разделение, осуществляемое со стороны цепи взаимосвязи; которая не питается током. Номинальное значение изоляционного напряжения гальванического разделения — 500 В

Максимальная длительность фронтов сигналов в конце линии, нагруженной на характеристическое сопротивление, не превышает 50 мкс. Цепи взаимосвязи обеспечивают передачу сигналов со скоростью 9600 бит/с на расстояние от 0 до 500 м. При передаче на большие расстояния пропорционально понижается скорость передачи.

Сигналы взаимосвязи должны приближаться к прямоугольной форме. Крутизна фронтов сигналов, измеряемых на выходных зажимах передатчика, нагруженного сопротивлением 100 Ом, — не более 1 мкс.

Схема источника сигнального тока выполняется так, чтобы отключение нагрузки и короткое замыкание выходных зажимов или одного из них на землю не приводили к ее повреждению. Любое включение на приемной стороне (приемник) выполняется так, чтобы при длительной нагрузке максимально допустимым током цепи взаимосвязи оно не приводило к повреждению приемника.

Параметры приемника следующие: падение напряжения, измеряемое на входных зажимах приемника в состоянии 1 в цепи взаимосвязи — не более 5 В для телетайпа и 2,5 В для других устройств; входная емкость — менее 10 нФ; приемник работает независимо от крутизны фронтов в диапазоне 0..50 мкс.

Цепи взаимосвязи выполняются витой парой. Типы применяемых разъемов и кабеля не регламентируются, по своим параметрам они должны удовлетворять вышеприведенным требованиям.

3.3.2. Интерфейс типа RS-232C

Интерфейс является наиболее широко применяемым для синхронной и асинхронной связи при двухточечном и многоточечном соединении ПУ в полудуплексном и дуплексном режимах обмена. Его отечественным аналогом является стык С2.

Скорости передачи данных составляют от 50 до 19200 бит/с. При передаче используются уровни сигналов 12 В. Основные цепи модификации интерфейса типа С2, наиболее часто используемые в СОД, приведены в табл. 3.10

В режиме «нуль-модем», широко применяемом на практике в качестве варианта подключения, цепи К и ПУ соединяются следующим образом:

Цепь К

103 — «Передаваемые данные»
105 — «Запрос передачи»

Цепь ПУ

104 — «Принимаемые данные»
106 — «Готов к передаче»

Стыковка устройств, использующих интерфейсы ИРПС и С2, между собой осуществляется через достаточно простой адаптер.

Т а б л и ц а 3.10. Цепи варианта стыка С2

Наименование цепи	Номер цепи	Номер контакта
<i>Заземление</i>		
Экран Лог. 0	101	1
	102	7
<i>Данные</i>		
Передаваемые данные	103	2
Принимаемые данные	104	3
<i>Управление</i>		
Запрос передачи	105	4
Готов к передаче	106	5
Передатчик готов	107	6
Приемник готов	108.2	20
Детектор принимаемого канала данных	109	8
Индикатор вызова	125	22

Примечание 25 контактный соединитель определен в ГОСТе на стык С2.

3.3.3. Интерфейс типа С2-ИС

Интерфейс является развитием С2 для высокоскоростной передачи данных на более большое расстояние. В стандарте определены параметры симметричных (аналогично стандарту RS-422) и несимметричных цепей (аналогично стандарту RS-423) стыка. По топологии, стоимости, гибкости, общим техническим требованиям и обеспечению средствами программирования С2-ИС эквивалентен С2. Наличие интегральных микросхем для реализации требований С2-ИС существенно расширит его применение в СОД для сопряжения между собой ЭВМ и подключения ПУ различных классов повышенного быстродействия.

Для симметричных цепей обеспечивается максимальная скорость до 10 Мбит/с на расстояние до 15 м и максимальное расстояние до 1200 м для скорости передачи до 90 кбит/с, а для несимметричных цепей — соответственно 100 кбит/с на расстояние до 15 м и расстояние 1200 м для скорости 1 кбит/с.

Электрические характеристики интерфейса рассчитаны на совместное использование симметричных и несимметричных цепей в одном интерфейсе, при этом учитывают, что длина соединительного кабеля ограничивается характеристиками несимметричных цепей.

В настоящее время новым усовершенствованным вариантом интерфейса RS-422 является интерфейс RS-485, обеспечивающий возможность увеличения длин связей, числа точек подключения в многоточечной конфигурации при улучшении помехоустойчивости. В стан-

дарте обеспечиваются три скорости передачи и два варианта реализации физических линий связи.

Подробно интерфейсы C2, C2-ИС и RS-485 рассматриваются в гл. 4, так как они преимущественно используются в системах телеобработки данных (СТД) и системах передачи данных (СПД).

3.4. ИНТЕРФЕЙС SCSI

3.4.1. Общие сведения

Стандарт унифицирует уровни 0 и 1 интерфейса ввода-вывода (ИВВ) малых ЭВМ для основных типов системных устройств, главным образом НМД, НМЛ, АЦПУ, а также возможности расширения функций с помощью специальных кодов и полей. В интерфейсе используется логическая адресация всех блоков данных и считывание с устройств прямого доступа информации о числе имеющихся блоков. Максимальная скорость составляет до 4 Мбайт/с, а длина связи — до 6 м для обычных приемопередающих элементов (ППЭ) и до 25 м для дифференциальных ППЭ.

Архитектура предусматривает несколько видов организации взаимодействия задатчиков (инициаторов) и исполнителей (приемников) с использованием необязательного распределенного арбитража. Время арбитража — не более 10 мкс. Дополнительные возможности обеспечивают два варианта физической реализации, использование четности, синхронную передачу данных и ряд других. Команды разделены на обязательные (M), расширенные (E), необязательные (O) и уникальные (V). Устройства выполняют все обязательные команды для данного типа устройств, а также другие команды.

В стандарте определены также расширенные команды для устройств прямого доступа, постоянные для всех типов устройств, для НМД, для НМЛ, АЦПУ, оптических дисков, процессоров, а также байты состояния всех типов устройств. В приложениях (которые не являются частью стандарта) приведены примеры последовательностей сигналов, временных диаграмм и состояний. Стандарт базируется на использовании RS-485.

3.4.2. Основные термины

Адрес — восьмеричное представление 8-разрядного адреса, присвоенного устройству при включении в систему.

Блок описания команды (CDB) — структура, используемая для передачи запросов от инициатора к приемнику.

Идентификатор — разряд шины данных, соответствующий адресу устройства.

Инициатор — устройство, запрашивающее операцию, выполняемую другим устройством.

Логическое устройство — физическое или виртуальное устройство, адресованное исполнителем.

Номер логического устройства (LUN) — 3-разрядный идентификатор.

Связь — функция выбора инициатором исполнителя операции.

Разрыв связи — функция освобождения магистрали исполнителем и переход магистрали в свободное состояние.

Восстановление связи — функция перевыбора исполнителем инициатора для продолжения работы после разрыва связи.

Состояние промежуточное — наличие кода состояния от исполнителя при выполнении им каждой команды из цепочки команд, за исключением последней.

3.4.3. Общая организация

В каждый момент времени логически связаны только два устройства. Максимальное число подключенных устройств равно восьми.

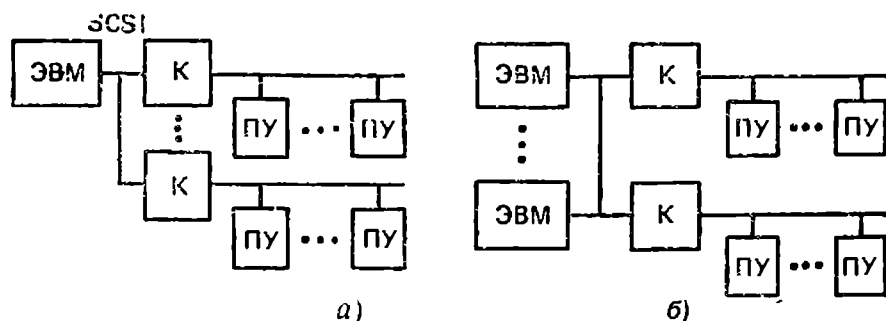


Рис. 3.2. Типовые конфигурации СОД на базе SCSI:

а — один задатчик, несколько исполнителей; б — несколько задатчиков и исполнителей

Т а б л и ц а 3.11. Линии интерфейса SCSI

Наименование	Обозначение	Назначение
BUSY	BSY	Индикация занятости шины (сборка по ИЛИ)
SELECT	SEL	Выборка исполнителя или пере- выборка задатчика
CONTROL/DATA	C/D	Идентификация передачи ин- формации управления/данных
INPUT/OUTPUT	I/O	Управление направлением пе- редачи относительно задатчика
MESSAGE	MSG	Идентификация задатчиком фазы «Сообщение»
REQUEST	REQ	Требование от исполнителя для взаимодействия
ACKNOWLEDGE	ACK	Подтверждение от задатчика
ATTENTION	ATN	Индикация от задатчика усло- вий «Внимание»
RESET	RST	Индикация условия «Сброс» (сборка по ИЛИ)
DATA BUS	DB (7...0, P)	8-разрядный байт данных плюс 1 контрольный (DB (7)—стар- ший разряд, высший приоритет в фазе «Арбитраж»; DB(0) — младший разряд, низший при- оритет)

Каждое устройство идентифицируется соответствующим разрядом, размещаемым на линии данных (0—DB (0),..., 7—DB (7)).

Взаимосвязь осуществляется по принципу «здатчик-исполнитель». Устройства обычно имеют фиксированное назначение, часть из них может быть задатчиками или исполнителями. Задатчик может адресовать восемь ПУ, подсоединенных к каждому исполнителю, а также до 2048 устройств с помощью расширенных сообщений. Основные типы конфигураций ВС на базе интерфейса приведены на рис. 3.2.

Допускается произвольная комбинация задатчиков и исполнителей. Задатчик выполняет арбитраж магистрали и процедуру селекции. Исполнители могут запрашивать передачу команд, данных, состояния или другой информации по шине данных, в некоторых случаях выполнять процедуру арбитража и повторную выборку задатчика с целью продолжения операции. Передача байта информации осуществляется асинхронно с использованием однопроводной обратной связи. Дополнительно определена синхронная передача данных.

В табл. 3.11 приведено обозначение и назначение линий интерфейса. Лог. 1/0 соответствует низкий/высокий уровень. В системе в целом допускается или не допускается использование четности. Четность не действует в течение фазы «Арбитраж». В табл. 3.12 даны типы устройств и источники сигналов интерфейса. Все передатчики устройств, которые не являются действующими источниками, находятся в пассивном состоянии.

Т а б л и ц а 3 12. Источники сигналов интерфейса SCSI

Фаза	Сигнал				
	BSY	SEL	C/D, I/O, MSG. REQ	ACK/ATN	DB (7...0, P)
Свободен	—	—	—	—	—
Арбитраж	Все	ПЗ	—	—	Идентификаторы
Выборка	З, И	З	—	З	З
Перевыборка	З, И	И	З	З	И
Команда	И	—	И	З	З
Ввод данных	И	—	И	З	И
Вывод данных	И	—	И	З	З
Состояние	И	—	И	З	И
Ввод сообщения	И	—	И	З	И
Вывод сообщения	И	—	И	З	З

П р и м е ч а н и е. Сигнал «Все» вырабатывается устройствами, участвующими в арбитраже; З — задатчик; И — исполнитель; ПЗ — потенциальный задатчик, выигравший арбитраж; значения сигналов действительны для работающих З, И.

Сигнал «Сброс» может вырабатываться любым устройством в любое время.

Сборка по ИЛИ используется только для сигналов BSV и RST.

3.4.4. Фазы интерфейса

Архитектура интерфейса включает восемь различных фаз: «Свободен», «Арбитраж», «Выборка», «Перевыборка», «Команды», «Данные», «Состояние», «Сообщение». Последние четыре фазы используются для передачи информации. В интерфейсе в каждый момент времени выполняется только одна фаза.

В фазе «Свободен» индицируется, что в интерфейсе нет активного устройства и что он доступен для использования. Фаза идентифицируется отсутствием сигналов SEL и BSY.

Фаза арбитража требуется для систем, использующих фазу перевыборки для определения предполагаемой функции устройства на шине. В системах, не использующих фазу арбитража, текущий задатчик первым обнаруживает, что шина свободна, и ожидает минимальное время для новой инициации фазы выборки.

В фазе выборки выбирается исполнитель и иницируется операция (например, чтения или записи).

Фаза перевыборки применяется в системах, которые используют фазу арбитража

Фазы передачи информации («Команды», «Данные», «Состояние», «Сообщение») используют часть сигналов для кодирования различных видов информации и фаз в соответствии с табл. 3.13.

Таблица 3.13. Фазы передачи информации

Сигнал			Наименование	Направление	Примечание
MSG	C/D	I/O			
0	0	0	Вывод данных	Из З в И	Фаза данных
0	0	1	Ввод данных	Из И в З	То же
0	1	0	Команда	Из З в И	»
0	1	1	Состояние	Из И в З	»
1	0	0	Резервная	—	—
1	0	1	Резервная	—	—
1	1	0	Вывод сообщения	Из З в И	Фаза сообщения
1	1	1	Ввод сообщения	Из И в З	То же

Примечание. З — задатчик; И — исполнитель.

Направление передачи информации определяет сигнал I/O. Асинхронное взаимодействие обеспечивается сигналами REQ и ACK: передача информации в задатчик иницируется сигналом REQ (данные действительны при лог. 1 сигналов REQ и ACK); передача информации в исполнитель — сигналом ACK (данные действительны).

Синхронная передача данных — дополнительное средство, используемое только в фазе данных в случае, если перед этим задатчик и исполнитель обменялись системным сообщением «Требование синхронной передачи данных», определяющим использование этого режима для обоих устройств, соотношение между импульсными сигналами REQ и ACK и период передачи. Нормальное окончание синхронной передачи данных происходит при равенстве числа импульсов REQ и ACK.

Данные действительны, по крайней мере, до получения ответного сигнала плюс время его действия. В фазе «Сообщение» передается один или несколько байтов.

В интерфейсе имеют место два асинхронных события: «Внимание» и «Сброс», вызывающие выполнение устройством определенных действий и изменение последовательности фаз. Последовательности фаз в интерфейсе показаны на рис. 3.3, 3.4.

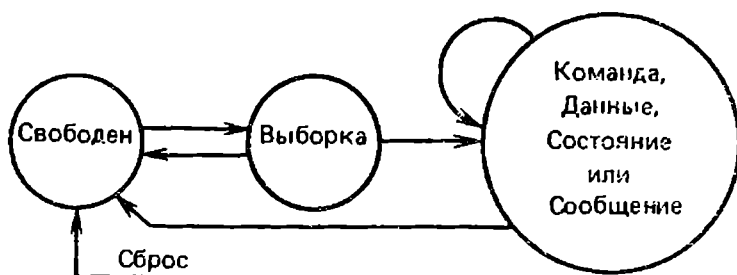


Рис. 3.3. Последовательность фаз SCSI без арбитража

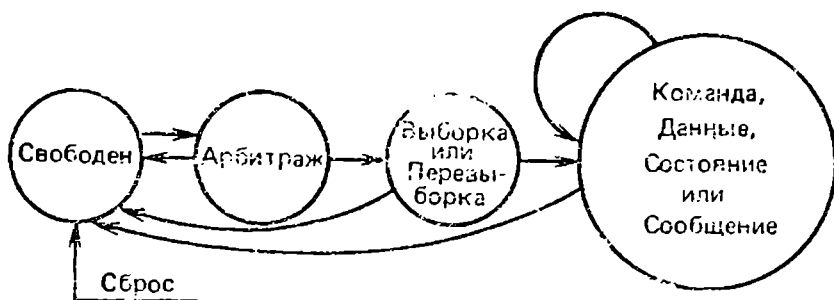


Рис. 3.4. Последовательность фаз SCSI с арбитражем

3.4.5. Логическая организация

1. Сообщения. Системные сообщения предназначены для организации управления физическими путями взаимосвязи между задатчиком и исполнителем.

Все устройства должны выполнять сообщение «Полная команда». Функциональные устройства могут разрабатываться с использованием логического адреса в блоке описания команды и в этом случае работать без применения других сообщений.

Основные одnobайтовые сообщения и их кодирование приведены в табл. 3.14, формат расширенного сообщения приведен в табл. 3.15, а коды — в табл. 3.16.

Сообщение «Указатель модификации данных» (табл. 3.17) посылается из приемника в задатчик, чтобы суммировать аргумент и величину указателя текущих данных (в дополнительном коде).

Формат сообщения «Требование синхронной передачи данных» приведен в табл. 3.18. Период передачи — минимальное время между последовательностями импульсов REQ и ACK. Компенсация REQ/ACK — максимальное число импульсов REQ до получения ис-

Т а б л и ц а 3.14. Коды сообщений и их наименование

Код	Тип	Наименование	Направление	
			Ввод	Вывод
00	М	Полная команда	+	—
01	О	Расширенное сообщение	+	+
02	О	Сохранить указатель данных	+	—
03	О	Перезаписать указатели	+	—
04	О	Разъединение	+	—
05	О	Обнаружение ошибки	—	+
06	О	Сброс операции	—	+
07	О	Команда отвергнута	+	+
08	О	Нет операции	—	+
09	О	Ошибка четности сообщения	—	+
0A	О	Цепочка команд	+	—
0B	О	Цепочка команд с флажком	+	—
0C	О	Сброс устройства	—	+
0D...7F	R	Резервные коды	+	+
80...FF	О	Идентифицировать	+	+

Примечание. Ввод — передача информации из исполнителя в задатчик; вывод — передача информации из задатчика в исполнитель.

Т а б л и ц а 3.15 Формат расширенного сообщения

Но. ср. байта	Число байтов	Назначение
0	1	Расширенное сообщение
1	<i>n</i>	Длина расширенного сообщения
2	<i>y</i>	Код расширенного сообщения
3... <i>n</i> +1	<i>x</i>	Аргументы расширенного сообщения

Т а б л и ц а 3.16. Коды расширенного сообщения

Код	Назначение
00	Указатель модификации данных (Д)
01	Требование синхронной передачи данных (Д)
02	Расширенная идентификация (Д)
03...7F	Резервные
80...FF	То же

Примечание. Д — дополнительный.

Таблица 3.17. Сообщение «Указатель модификации данных»

Номер байта	Число байтов	Назначение
0	01	Расширенное сообщение
1	05	Длина расширенного сообщения
2	00	Код указателя модификации данных
3...6	x	Аргумент (СБ), Аргумент, Аргумент (МБ)

Примечание. СБ — старший байт; МБ — младший байт.

точником соответствующего импульса АСК. Код $x=0$ индицирует асинхронный режим, а $x=FF$ — неограниченную компенсацию.

Сообщение «Расширенная идентификация» является дополнительным и используется для расширения логического адреса испол-

Таблица 3.18. Сообщение «Требование синхронной передачи данных»

Номер байта	Число байтов	Назначение
0	01	Расширенное сообщение
1	03	Длина расширенного сообщения
2	01	Код сообщения
3	m	Период передачи ($m \cdot 4$ нс)
4	x	Компенсация REQ/ACK

нителя; 8-разрядный логический подадрес каждого из восьми логических устройств идентифицирует одно из 256 логических устройств, что обеспечивает адресацию до 2048 устройств в одном контроллере.

2. Команды Передача логических наборов блоков данных фиксированной или произвольной длины в соответствии с логической структурой, определяемой кодом типа устройства, производится с помощью команд. По одной команде можно передать один или несколько логических блоков данных. Несколько команд могут быть связаны в *цепочку команд* при использовании одного и того же логического устройства. Исполнитель может отсоединиться от магистрали с целью инициации другого устройства, логический адрес которого получен в передаваемых данных.

По завершении команды исполнитель посылает *байт состояния* в задатчик. Кроме основного байта состояния один из кодов состояния «Условия ошибки» индицирует дополнительную информацию, которая может считываться задатчиком по команде «Запрос уточненного состояния». В табл. 3.19 приведены описания типов кодов команд.

Коды операций команды (в разрядах): 7...5 — код группы команд, 4...0 — код команды. Коды группы указывают на следующие группы команд: 0—6-байтовые; 1—10-байтовые; 2...4 — резерв-

Т а б л и ц а 3.19. Типы кодов команд SCSI

Тип	Описание
М	Обеспечение минимальных требований стандарта
Е	Расширение основных команд и выполнение расширенных требований стандарта
О	Дополнительные команды в соответствии с требованиями стандарта
У	Специальные команды, предусмотренные для производителей оборудования и обеспечивающие совместимость
Р	Резервные команды для расширения стандарта, не предназначенные для использования

ные; 5—12-байтовые; 6, 7 — специальные. Типичные команды групп приведены в табл. 3.20. Адресация логических устройств используется обычно в системе, не применяющей сообщение «Идентификация». Адрес логического блока — в диапазоне от 0 до последнего логического блока. Группа 0 использует 21-разрядный АЛБ, группы 1 и 5 — 32-разрядный АЛБ.

Длина передачи указывает количество передаваемых данных, обычно число блоков. Команды, использующие один байт ДП, пере-

Т а б л и ц а 3.20. Команды SCSI. Структура блока описания

Номер байта	Назначение байта (длина в разрядах)
<i>Группа 0</i>	
0	Код операции (7...0)
1	ЛАУ (7...5), АЛБ* (4...0) (СБ)
2, 3	АЛБ* (7...0); АЛБ* (7...0) (МБ)
4	ДП* (7...0)
5	Контрольный байт
<i>Группа 1</i>	
0	Код операции (7...0)
1	ЛАУ (7...5); резервные (4...1); АО (0)
2...5	АЛБ* (7...0) (СБ); АЛБ* (7...0); АЛБ* (7...0); АЛБ* (7...0) (МБ)
6	Резервный
7, 8	ДП* (7...0) (СБ); ДП* (7...0) (МБ)
9	Контрольный байт

П р и м е ч а н и е. ЛАУ — логический адрес устройства; АЛБ — адрес логического блока; ДП — длина передачи; МБ — младший байт; СБ — старший байт; АО — адрес относительный; звездочка указывает, что байты не обязательные.

Таблица 3.21. Контрольный байт блока описания команды

Разряд	Назначение разряда
7, 6	Специальные
5...2	Резервные
1	Флажок
0	Цепочка команд

Примечания: 1. При ЦК=1 (ЦК — цепочка команд) обеспечивается автоматическое выполнение следующей команды при условии нормального завершения текущей команды, передаваемой в байте немедленного состояния сообщения «Окончание ЦК» с признаком ЦК=1. 2. При ЦК=0 Фл=0 (Фл — флажок) Если ЦК=1 и команды нормально завершены, то Фл используется обычно для запроса на прерывание в инициаторе между цепочкой команд.

дают от 1 до 255 блоков по одной команде, а использующие два байта ДП — от 1 до 535 блоков по одной команде.

Контрольный байт — последний байт блока описания команды. Типичные значения разрядов байта даны в табл. 3.21, команды группы 0 для всех типов устройств — в табл. 3.22, форматы дополнительных команд группы 0 — в табл. 3.23, а наименование и назначение разрядов ключа уточненного состояния (КУТС) — в табл. 3.24.

Таблица 3.22. Команды группы 0 для всех типов устройств

Код	Инг.	Наименование
<i>Дополнительные</i>		
00	О	Проверить готовность устройства
18	О	Копировать
1С	О	Принять результаты диагностики
1D	О	Послать результаты диагностики
03	М	Запрос уточненного состояния
<i>Специальные (для производителей)</i>		
01, 04, 05, 07, 08, 0A, 0A, 0B, 0F, 10, 11, 13, 17, 19, 1A, 1B, 1E		Специальные
12	Е	Опрос
1F	Р	Резервные

3.4.6. Требования к физическим характеристикам

1. **Линии передачи информации.** Все устройства подсоединены к общему кабелю по приоритетной цепи. Кабель согласуется с обеих сторон. Возможно использование двух типов ППЭ: *обычных* (уси-

Т а б л и ц а 3.23. Форматы дополнительных команд группы 0 и данных состояния

Номер байта	Наименование байта (длина в разрядах)
<i>Проверить готовность устройства</i>	
0	Код операции (7...0)
1	ЛАУ (7...5); резервные (4...0)
2...4	Резервные
5	Специальные (7...5); резервные (4...2); Фл (1); ЦК (0)
<i>Запрос уточненного состояния</i>	
0	Код операции (7...0)
1	ЛАУ (7...5); резервные (4...0)
2, 3	Резервные
4	Длина распределения
5	Специальные (7...5); резервные (4...2); Фл (1); ЦК (0)
<i>Формат данных основного уточненного состояния</i>	
0	АД (7); класс ошибки (7...4); код ошибки (3...0)
1	Специальные (7...5); АЛБ (3...0) (СБ)
2, 3	АЛБ (7...0); АЛБ (7...0) (МБ)
<i>Формат данных расширенного уточненного состояния</i>	
0	Действительный (7); класс 7 ошибки (6...4); Код 0 ошибки (3...0)
1	Номер сегмента
2	Марка файла (7); ЕОМ (6); ИЛИ (5); Res (4); ключ состояния (3...0)
3...6	Байты информации: 3 (СБ), 4 (Б), 5 (Б), 6 (МБ)
7	Длина дополнительного уточненного состояния
8...n + 7	Байты дополнительного уточненного состояния
<p>П р и м е ч а н и е. АД — адрес действительный; ЕОМ — конец носителя; ИЛИ — индикатор неправильной длины; Res — резервный, Б — байт; остальные обозначения те же, что в табл. 3.20, 3.21.</p>	

лители-передатчики (УПД) и усилители-приемники (УПМ), обеспечивающих максимальную длину 6 м в пределах стойки; *дифференциальных*, обеспечивающих максимальную длину 25 м и подсоединение в основном стоек между собой.

2. Требования к кабелю и согласованию. Согласователи должны обеспечивать 132-омное согласование в случае использования отдельных ППЭ и 122-омное согласование в случае дифференциальных ППЭ. Согласование $100\ \text{Ом} \pm 10\ \%$ применяется для кабеля из витых пар. Кабель из 25 линий минимизирует наводимые помехи и требо-

Т а б л и ц а 3.24. Ключ уточненного состояния

Разряд	Наименование (назначение)
0	Нет состояния (КУТС отсутствует)
1	Ошибка восстановления (нормальное завершение последней команды с операциями восстановления в приемнике)
2	Не готов (недоступность адресуемого устройства)
3	Ошибка накопителя (завершение команды с невозможными условиями ошибки)
4	Ошибка оборудования (сбой в контроллере, в устройстве, ошибка четности и т. д.)
5	Ошибка в программе (формат данных, поиск данных и т. д.)
6	Внимание от устройства (изменение режимов работы сменных накопителей или сброс приемника)
7	Защита данных (обращение к защищенным данным)
8	Ошибка формата
9	Специальные условия
A	Прекращение копирования (ошибки в источнике и/или в приемнике данных)
B	Прекращение команды приемником
C	Совпадение (нормальное завершение команды «Поиск данных»)
D	Переполнение (из-за окончания среды накопителя)
E	Несравнение считанных с носителя данных и данных источника
F	Резервный

вания к источнику питания для оптимального распределенного согласования. При обычных/дифференциальных ППЭ длина отвода не более 0,1/0,2 м внутри любого подсоединяемого оборудования. Согласователи могут устанавливаться внутри устройств, расположенных в конце кабеля

3. Соединитель. Назначение контактов в соединителе дано в табл. 3.25. Рекомендуется использовать двухрядный 50-контактный соединитель с шагом между контактами $2,54 \pm 0,127$ мм.

4. Электрические характеристики. Все сигналы согласуются в конце кабеля резисторами 220 Ом на +5 В и 330 Ом на землю. Все ППЭ должны быть с открытым коллектором или на три состояния

Характеристики обычного передатчика следующие: лог 1 или лог. 0 соответствует диапазон изменения напряжения 0...0,4 или 2,5...5,25 В; минимальный выходной ток — 48 мА при 0,5 В.

Характеристики обычного приемника: лог. 1 или лог. 0 соответствует диапазон изменения напряжения 0...0,8 или 2...2,5 В; максимальный входной ток потребления — 0,4 мА при 0,5 В; минимальное входное значение порога гистерезиса соответствует 0,2 В.

Характеристики дифференциального передатчика: выходное напряжение низкого уровня равно 2 В при токе 55 мА; выходное напряжение высокого уровня равно 3 В при токе 55 мА; амплитуда соответствует 1 В в диапазоне изменения напряжения — 7...+12 В.

Характеристики дифференциального приемника: максимальный

Т а б л и ц а 3.25. Контакты соединителя SCSI

Сигнал	Контакт соединителя
<i>Обычные ППЭ</i>	
DB(0)...DB(7), DB(P)	2, 4...18
GR	20, 22, 24
TERM PWR	26
GROUND	28, 30
—ATN	32
GR	34
BSY, ACK, RST, MSG	36, 38, 40, 42
SEL, C/D, REQ, I/O	44, 46, 48, 50
<i>Дифференциальные ППЭ</i>	
SHGR, GR	1, 2
+DB(0)/—DB(0)...+DB(P)/—DB(P)	3/4...19/20
DIFF SENS, GR	21, 22
GR, GR	23, 24
TERM PWR	25, 26
GR, GR	27, 28
+ATN/—ATN	29, 30
GR, GR	31, 32
+BSY/—BSY	33, 34
+ACK/—ACK	35, 36
+RST/—RST	37, 38
+MSG/—MSG	39, 40
+SEL/—SEL	41, 42
+C/D/—C/D	43, 44
+REQ/—REQ	45, 46
+I/O/—I/O	47, 48
GR, GR	49, 50

Примечание. SHGR — земля экрана, является дополнительной; GR — земля; 25-й и 26-й контакты резервируются для обеспечения дополнительного запитывания согласователей (+5 В); 21-й контакт резервируется.

входной ток равен 2 мА (для приемника и пассивного передатчика) в диапазоне входного напряжения — 7...+12 В и минимальном входном пороге гистерезиса 35 мВ.

Входные/выходные характеристики соответствуют требованиям стандарта RS-485.

3.5. ИНТЕРФЕЙС IPI

3.5.1. Общие сведения

Стандарт унифицирует физический уровень интерфейса с целью: обеспечения независимости операций на интерфейсе от содержимого передаваемой информации; управления интерфейсом в широком диа-

пазоне временных характеристик; использования взаимоблокируемых сигналов в любой последовательности протоколов, за исключением режима потоковой передачи данных.

Основные характеристики физического уровня интерфейса: режим — «задатчик-исполнитель»; используется только один задатчик; задатчик выбирает исполнителя; кабель содержит 24 сигнала, подключается по приоритетной цепи; используется до 8 исполнителей, к каждому из которых подключается до 16 устройств; магистраль управляется с помощью информационных кадров, взаимоблокируемых сигналов, передаваемых по радиальным линиям; данные могут передаваться либо по радиальным, либо по магистральным двуправленным 16-разрядным шинам; окончание передачи осуществляется по инициативе задатчика или исполнителя; за исключением функций выборки, задатчик может передавать управление интерфейсными функциями ведущему исполнителю.

Характеристики конфигурации: в интерфейсе используются задатчик, исполнитель, оборудование. Задатчик управляет интерфейсом, а также соответствующими исполнителями. Исполнитель может иметь или не иметь интеллектуальный набор команд, который обеспечивает управление работой дисков (со следующими параметрами: 10 Кбайт на дорожку, 7 дорожек на цилиндр, 500 цилиндров на устройство), а также адресацию подключенных устройств.

Оборудование адресуется исполнителем, оно может быть отдельным устройством, а также функционировать в общем режиме.

Фундаментальные характеристики IPI: передача одного или двух байтов; скорость передачи данных не менее 10 Мбайт/с; длина кабеля от 5 до 125 м в зависимости от ППЭ и типа кабеля; низкая стоимость, использование компонентов общего применения; высокий уровень ремонтопригодности и готовности; многоуровневая структура команд, обеспечивающая различные уровни интеллектуальности в периферийном оборудовании; возможность эволюционных изменений в уровнях с минимальными вариациями на программные и технические средства компонентов; возможность поддержки широкого круга ПУ с общим интерфейсным оборудованием и командами.

При разработке стандарта принималось во внимание также обеспечение с помощью одного интерфейса работы ПУ с устройствами-зависимыми и общим набором команд.

Специфичные наборы команд обеспечивают: управление, ориентированное на ПУ; адресацию физических данных; контроль операций по времени; низкую стоимость устройств.

Команды общего назначения имеют высокоуровневые функциональные возможности и портативны. Они обеспечивают: независимость от ЭВМ и ПУ; логическую адресацию данных; независимость операций от времени; способность зацепления команд.

В стандарте не ограничивается использование того или иного набора команд. Возможно совместное использование двух наборов команд в системе с целью оптимизации таких параметров, как производительность, стоимость и готовность оборудования.

В интерфейсе определены: протокол, включая использование шин, сигналов и режим обслуживания; состояния и последовательности интерфейса; кодирование байтов, передаваемых по шинам в различных последовательностях; режимы самодиагностики и технического обслуживания для различных сценариев отказа оборудования интерфейса; логическая организация интерфейса, включая общие и специфичные уровни для ПУ, общее кодирование данных; времен-

ные требования, включая синхронную передачу данных в потоковом режиме, а также приведены примеры и спецификации для различных типов ППЭ, кабелей, режимов работы:

3.5.2. Общая организация

Линии интерфейса (табл. 3.26) обеспечивают соединение между собой задатчика и исполнителя с помощью двух двунаправленных информационных шин А и В и минимального числа радиальных линий.

Т а б л и ц а 3.26. Линии интерфейса IPI

Наименование	Назначение
BUS A (7...0, P)	Передача от З управляющих последовательностей, байта данных в однобайтовом режиме, первого байта в двухбайтовом режиме при обмене между З и И
BUS B (7...0, P)	Передача от И управляющих последовательностей, байта данных в однобайтовом режиме, второго байта в двухбайтовом режиме при обмене между З и И
SELECT OUT	Выбор ведущего И и диагностический выбор. При лог. 0 все И используют BUS A. Ведущий И использует MASTER OUT и SYNC OUT
SLAVE IN	Подтверждение И приема от З последовательности управления или окончания передачи информации
MASTER OUT	Инициация или окончание от З следующих операций: «Передача информации», «Запрос прерывания», «Режим передачи запросов», «Сброс исполнителя»
SYNC IN	Идентификация действительности от И данных или управляющего байта на шинах
SYNC OUT	Идентификация действительности от З данных или инициации последовательности управления
ATTENTION IN	Прозвонное ИЛИ от всех И для информирования З о требовании обслуживания. Сигнал действителен от любого выбранного И

Примечание. З — задатчик; И — исполнитель (здесь и далее в табл. 3.27—3.30).

Использование шин А и В обеспечивает: оптимизацию операций, связанных с изменениями шины и передачей информации; инициацию управляющих последовательностей от задатчика и соответствующее управление физическим интерфейсом; инициацию последовательности окончания от источника и представление соответствующего байта

Таблица 3.27. Состояние интерфейса IPI

Код	Разряды				Назначение
		3		1	
0.0	0	0			Все управляющие сигналы в состоянии лог. 0
0.1	0	0		1	Разрешение от 3 на использование только шин В, инициация режима во всех И
0.3	0	0		1	То же
1.0	0	0	1	0	Установка от 3 на шины А для И байта модификатора запроса
1.1	0	0	1	0	Сброс И, идентифицируемого байтом на шинах А
2.0	0	1	0	0	Инициация от 3 сброса выборки И
2.1	0	1	0	1	То же
2.3	0	1	0	1	Установка от И требуемого ответа на шинах В
3.0	0	1	1	0	Сброс И, установившего ответ на шинах В
3.1	0	1	1	0	Инициация последовательности выборки после установки на шинах А байта выборки
4.0	1	0	0	0	Инициация окончания передачи информации И
5.0	1	0	1	0	Ответ И при выборке, окончании управляющей последовательности или передачи информации
6.0	1	1	0	0	Инициация управления последовательностью передачи информации
6.1	1	1	0	1	Инициация приема байта ответа с шины или окончания передачи информации 3
6.2	1	1	1		Идентификация приема байта управления шиной
6.3	1	1	0	1	Состояние иницируется 3 при передаче каждого байта (слова) информации
7.0	1	1	1	0	Состояние иницируется И для ответа при завершении операции передачи каждого байта (слова) информации
7.1	1	1	1	0	Состояние иницируется И для начала передачи информации
7.2	1	1	1	1	Состояние иницируется И для приема информации
7.3	1	1	1	1	Состояние иницируется 3 для ответа на прием информации при вводе и ее действительности на шине при выводе

Примечание. Разряды: 0 — SYNC OUT, 1 — SYNC IN, 2 — MASTER OUT, 3 — SLAVE IN, 4 — SELECT OUT; коды 0.2 1.2; 1.3, 2.2, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2, 4.3, 5.1, 5.2, 5.3 — неопределенные состояния, требующие вмешательства оператора.

Основные последовательности, отраженные на рис. 3.5: запрос прерывания; установка запроса передачи; запрос прерывания от оборудования и специфичного исполнителя; выборка; нормальный сброс выборки; сброс задатчика (режим обслуживания); селективный сброс; окончание; управление шиной; окончание по инициативе исполнителя; передача информации; окончание передачи информации.

Средства потоковой передачи обеспечивают передачу информации с максимальной скоростью при максимальной длине кабеля. В этом режиме реализуется минимальный разброс между выдачей данных и синхроимпульсом. На каждый синхроимпульс задатчика/исполнителя должен быть получен ответный синхроимпульс от исполнителя/задатчика (при выводе/вводе данных). Время тайм-аута в этом режиме соответствует 25 мс.

Передача информации между двумя исполнителями организуется задатчиком, который выбирает ведущего исполнителя, формирующего сигналы синхронизации обмена. При этом задатчик сохраняет свои функции, управляя сигналом выборки, а также сканируя сигналы ведущего исполнителя.

Разряды байта шины А имеют следующие назначения: 6...4 — адрес исполнителя; 3 — режим передачи (асинхронный или потоковый); 2 — режим передачи байтов (1—2 байта); 1 — сохранение приоритета исполнителя; 0 — приоритетная выборка определенного порта исполнителя.

Байт выборки оборудования шины А используется задатчиком, имеющим возможность непосредственно выбрать 8 исполнителей и косвенно — 16 устройств. Исполнитель представляет этот байт, разряды которого идентифицируют: 7 при лог. 1 — байт состояния выборки; 6...4 — адрес И; 3...0 — адрес оборудования.

Байт состояния выборки шины В представляется задатчику в фазе «Ответ исполнителя» исполнителями, которые выставляют на линии соответствующий разряд идентификации: 7 — признак исполнителя 7 и т. д.

Байт управления шины А используется задатчиком для описания режима передачи и конфигурации шины в фазе «Управление шиной»: разряд 7 при лог. 1/0 — данные/команда; разряд 6 при лог. 1/0 — ввод/вывод информации; разряды 5...0 устанавливаются логическим интерфейсом и могут использоваться специальным образом.

Байт ответа шины В является дополнительной возможностью интерфейса, имеет формат, аналогичный формату байта управления шины А, и представляется в состоянии «Ответ шины».

Байт состояния задатчика (шина А) используется для информирования исполнителя о правильности завершения операций передачи информации: разряд 7 — нормальное завершение; 6 — ошибка по четности; разряды 5...0 устанавливаются логическим интерфейсом.

Байт состояния исполнителя (шина В) представляется в состоянии «Ответ исполнителя» и имеет аналогичное предыдущему назначение.

Байт модификаторов запроса (шина А) представляется исполнителем в состоянии «Запрос» и используется задатчиком различным образом для формирования класса запроса прерывания: разряд 7 — признак байта; 6 — состояние занято; 5 — готовность; 4 — сбой по питанию; 3 — запрос состояния источника питания; 2...0 — соответственно классы прерывания (3 — асинхронные и критичные условия, 2 — передача данных, 1 — завершение операций (асинхронные и некритичные условия)).

Стандарт регламентирует также и другие функции основных и дополнительных байтов: запрос прерывания от оборудования и источника; установка запроса передачи; управление селективным сбросом; указатели при ответе на запрос, используемые для сканирования исполнителей; адрес в диапазоне 0...7 и 8...F; идентификация режима передачи (для цепей обслуживания); прерывания исполнителя.

Режим диагностического обслуживания используется для инициации последовательности сброса задатчика и последующего перехода в следующие режимы: MM1 — функционирование с пониженными возможностями с целью дополнительного сервисного обслуживания отключенного оборудования; MM2 — режим с последовательным протоколом и методом, нечувствительным к сбоям, с использованием тех же самых линий и с реализацией функций, аналогичных режиму MM1.

3.5.3. Логическая организация

Логический интерфейс использует физический для передачи информации между задатчиком и исполнителем с помощью независимых от физического интерфейса наборов операционных команд и операционных ответов.

Расширенные возможности, задаваемые командами логического уровня, относятся к буферизованным и небуферизованным устройствам, различным типам оборудования, аппаратным средствам или микропроцессорным реализациям в интерфейсе.

3.5.4. Функциональная организация

1. Логические уровни. Функциональные средства IPI описываются в виде уровней, которые могут или не могут зависеть друг от друга. Уровень 3 не зависит от уровня 2. Уровни дают возможность разрабатывать интерфейсные модули практически независимо друг от друга, обеспечивая дополнительные интеллектуальные возможности для использования в различных конфигурациях.

Уровни 0...3 интерфейса IPI приведены ниже.

<i>Уровень</i>	<i>Назначение</i>
0	Кабели, соединители, ППЭ
1	Состояние машины и протокол шины
2	Команды управления шиной, параметры команды, физическая адресация, времязависимые операции, устройствозависимые команды
3	Пакеты сообщений, логическая адресация, времянезависимые операции, ограниченные устройствозависимые команды, команды общего назначения, цепочка команд, стек команд, буферизация

Обобщенные характеристики логических уровней IPI даны в табл. 3.28. Логический интерфейс представляет все уровни физического. Все уровни могут в различной степени перемещаться из одного окружения в другое. Множество логических уровней может сосуществовать в одном физическом интерфейсе, но только один из них действует в любой текущий момент времени.

Уровень 2 ориентирован на устройства и в этом стандарте не рассматривается.

Уровень 3 ориентирован на общие характеристики ПУ (МД, МЛ,

Т а б л и ц а 3.28. Характеристики

Уровень	Область данных	Время доступа	Адресация данных
2	Определяется оборудованием	Зависимое, неза-	Физическая
3	То же	висимое То же	Логическая
4	Не зависит от оборудования	Независимое	»
5 и выше	Не зависит от данных	»	Запись, поля

АЦПУ и т. д.) и не ориентирован в общем случае на специфические характеристики ПУ (например, цилиндры, головки и т. д.).

Уровень 4 концептуально ориентирован на характеристики данных и их атрибутов, например случайные или последовательные, вводные или выводные. Характеристики уровня показаны условно, допускается расширение функциональных и интеллектуальных возможностей, предусмотренных уровнем.

Уровень 5 и расположенные выше включают в себя концептуальные понятия, требующие файловую структуру и организацию в исполнителе. Характеристики уровня приведены условно с возможностью расширения функциональных и интеллектуальных параметров, рассматриваемых в соответствии с предназначением в верхних уровнях.

2. Временные характеристики. Задатчик и исполнитель должны обеспечивать необходимые задержки всех выдаваемых сигналов.

Для определения числа и топологии источников в зависимости от типа ППЭ и кабелей используются следующие временные параметры: задержка источника; системные задержки, зависящие от конкретного оборудования; ответ из прерывание источника; сброс источника; максимальная задержка кабеля, зависящая от его длины.

При потоковой передаче данных, например между задатчиком и магнитным диском, соответствующие временные соотношения корректируются.

3.5.5. Физическая реализация IPI

В стандарте определены классы конфигураций, а также все типы кабелей и ППЭ с целью удовлетворения требований для наиболее широкого круга приложений. В табл. 3.29 приведены основные механические и электрические характеристики интерфейса.

К задатчику может быть радиально подключено максимум восемь исполнителей с использованием технологии подключения кабелей по приоритетной цепи, а также для обеспечения дополнительных возможностей, например типа ведущего исполнителя.

Допускается совместное использование различных типов кабелей с учетом определенных ограничений на максимальную длину.

В стандарте не определено использование повторителей/преобразователей интерфейса, а также любых адаптеров.

логических уровней IPI

Команда управления	Длина блока	Тип данных	Другие
Устройство	Статическая	Без коррекции	—
Оборудование	»	То же	—
Данные	»	С коррекцией	—
Запись, поля	Динамическая	»	Имя файла

Т а б л и ц а 3.29. Механические и электрические характеристики IPI

Тип ППЭ	Тип кабеля	Длина ка- беля, м	Период, нс	Скорость ПП, Мбайт/с	
				1 байт	2 байта
Передатчики на три со- стояния и ТТЛ-приемни- ки	Гибкий	5	200	5	10
Дифференциальные	Витая пара	75	200	5	10
Открытый коллектор	Витая пара	65	200	5	10
То же	Коллекторный	125	200	3,3	6,7

П р и м е ч а н и е. ПП — потоковая передача.

Распределение контактов зависит от используемых типов ППЭ и соединителей (табл. 3.30).

При цепной конфигурации на панели необходимы входной и выходной соединители на порт. В конце цепи обеспечивается согласование линий интерфейса. Благодаря соединителям возможно двухстороннее подсоединение (ви-ка розетка), причем соединители кабеля на разных концах маркируются светлым/темным цветом.

Электрические характеристики кабелей стандартны и аналогичны характеристикам кабелей SCSI. Электрические характеристики различных типов ППЭ стандартны для такой реализации интерфейса, причем дифференциальные ППЭ соответствуют требованиям RS-485.

3.6. ИНТЕРФЕЙС ВВОДА-ВЫВОДА ЕС ЭВМ

3.6.1. Общие сведения

Стандартизация интерфейса ввода-вывода (ИВВ) как наиболее важного для СВВ ЭВМ и ВС с переменным составом оборудования обеспечивает значительную экономию аппаратных и программных средств сопряжения различных каналов ввода-вывода (КВВ) с цент-

**Таблица 3.30. Распределение линий интерфейса IPI
по контактам соединителей**

Сигнал	Источник сигнала	HP-2×25		IEC 48В		Коаксиальный соединитель	
		Сигнал	Земля	Дифференциальный ППЭ		Сигнал	Оплетка
DC GROUND	—	1	2	1	24	—	—
ATTENTION IN	И	9	10	20	4	G06	G11
SYNC OUT	З	17	18	41	25	D13	D12
SLAVE IN	И	29	24	39	23	J02	J03
SYNC IN	И	43	44	15	48	J13	J12
MASTER OUT	З	35	36	45	29	B06	B11
SELECT OUT	З	29	30	43	27	D02	D03
BUS B (0)	И (З)	45	46	32	16	J04	J05
BUS B (1)	И (З)	47	48	49	33	G05	G04
BUS B (2)	И (З)	7	8	3	36	J06	J07
BUS B (3)	И (З)	19	20	7	40	G08	G07
BUS B (4)	И (З)	21	22	24	8	J09	J08
BUS B (5)	И (З)	25	26	9	42	G10	G09
BUS B (6)	И (З)	3	4	18	2	J11	J10
BUS B (7)	И (З)	5	6	35	19	G12	G13
BUS B (P)	И (З)	49	50	17	50	G03	G02
BUS A (0)	З (И)	37	38	13	46	D04	D03
BUS A (1)	З (И)	39	40	30	14	B05	B04
BUS A (2)	З (И)	15	16	22	6	L06	D07
BUS A (3)	З (И)	27	28	26	10	B08	B07
BUS A (4)	З (И)	31	32	11	44	D09	D08
BUS A (5)	З (И)	33	34	28	12	B10	B09
BUS A (6)	З (И)	11	12	37	21	D11	D10
BUS A (7)	З (И)	13	14	5	38	B12	B13
BUS A (P)	З (И)	41	42	47	31	B03	B02

радной частью ВС независимо от используемой элементно-конструктивной базы КВВ, формата машинного слова и т. д.

Интерфейс ввода-вывода представляет собой совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие между КВВ (процессорами) и управлениями внешними (периферийными) устройствами (УВУ) ЕС ЭВМ. Единые принципы связи и обмена данными между КВВ и УВУ, форматы данных и управляющих данных, последовательности управляющих сигналов (ПУС) обеспечивают одинаковые способы подключения и взаимодействия каналов с различными типами УВУ.

Интерфейс обеспечивает: простое программирование операций ввода-вывода данных для широкого диапазона УВУ; выполнение независимых от времени (взаимоблокируемых) операций через интерфейс, что увеличивает диапазон подключаемых УВУ; подключение УВУ, имеющих более высокие скорости передачи данных и/или удаление устройств по сравнению с взаимоблокирующими операциями; подключение до десяти УВУ. Допускается использование следующих

средств, обеспечивающих дополнительные функции интерфейса: расширение шин данных; сигнализация об ошибке ввода-вывода; повторение команды; ускорение передачи данных; потоковая передача данных; динамическое подключение устройств.

Каналы, имеющие дополнительные средства, обеспечивают возможность работы с УВУ, не используя эти средства.

3.6.2. Логическая организация

1. Общая характеристика. Интерфейс имеет в своем составе параллельные отдельные сигнальные линии и обеспечивает общие форматы последовательностей сигналов и данных для всех УВУ. К интерфейсу в любой момент времени может быть подключено только одно УВУ, выборка которого обеспечивается последовательным прохождением по приоритетной цепи через все УВУ. Выбранное УВУ остается логически связанным с интерфейсом до завершения передачи имеющихся у него данных или до сигнализации о необходимости отключения от интерфейса.

Адресные возможности интерфейса обеспечивают до 256 непосредственно адресуемых устройств, однако из-за ограничений по времени и электрическим связям допустимое число УВУ не превышает 10. Возможности мультиплексирования интерфейса позволяют многим из 256 устройств одновременно выполнять операции. Взаимоблокируемые ПУС позволяют применять интерфейс в широком диапазоне скоростей передачи данных и в условиях различной элементной базы. Невзаимоблокируемые ПУС дают возможность достигать более высоких скоростей передачи данных, однако не допускают использования широкого диапазона логических элементов с различными скоростями переключения.

2. Состав линий интерфейса (табл. 3.31).

Шины данных канала (ШК) используются для передачи данных и управляющих данных (адрес устройства, команда) от канала к УВУ.

Шины данных абонента (ША) используются для передачи данных и управляющих данных (адрес выбранного устройства, состояние, уточненное состояние) от УВУ к каналу.

Линии идентификации используются для управления данными и управляющими данными, находящимися на шинах данных канала и абонента, для осуществления их взаимосвязи, а также для организации специальных последовательностей сигналов.

Линии опроса и выборки служат для опроса и выборки подсоединенных устройств. Линия ОТКА действительна только при наличии дополнительного средства сигнализации об ошибке ввода-вывода.

Линии измерения используются для управления работой счетчиков времени функционирования, расположенных в различных подсоединенных устройствах.

Линии маркеров служат для указания количества применяемых при передаче комплектов шин данных канала и абонента. Эти линии используются, за исключением линии МРКА0, только при наличии дополнительного средства расширения шин данных.

Каждый комплект шин данных представляет набор шин из девяти линий (байт): восемь линий данных и одна линия контрольная. В байте всегда должно быть нечетное число единиц, включая контрольную.

Тип данных, передаваемых по ШК, идентифицируется сигналами

Т а б л и ц а 3.31. Состав линий интерфейса ввода-вывода ЕС ЭВМ

Наименование	Обозначение	
	Основной состав шин данных	Расширенный состав шин данных
<i>Шины данных канала</i>		
Шина канала К0	ШКК	ШКК0
Шина канала 00...70	ШК0...ШК7	ШК00...ШК70
Шина канала К1	Не используется	ШКК1
Шина канала 01...71	То же	ШК01...ШК71
<i>Шины данных абонента</i>		
Шина абонента К0	ШАК	ШАК0
Шина абонента 00...70	ША0...ША7	ША00...ША70
Шина абонента К1	Не используется	ШАК1
Шина абонента 01...71	То же	ША01...ША71
<i>Линии идентификации</i>		
Адрес от канала/абонента	АДРК/АДРА	
Управление от канала/абонента	УПРК/УПРА	
Информирование от канала/абонента	ИНФК/ИНФА	
Данные от канала/абонента	ДАНК/ДАНА	
<i>Линии опроса и выборки</i>		
Работа канала/абонента	РАБК/РАБА	
Выборка	ВБРК	
Разрешение выборки	РВБК	
Обратная выборка	ВБРА	
Блокировка	БЛКК	
Требование абонента	ТРБА	
Отключение от абонента	ОТКА	
<i>Линии измерения</i>		
Измерение от канала/абонента	ИЗМК/ИЗМА	
Смена состояния	СМСК	
<i>Линии маркеров</i>		
Маркер канала 0, 1, К	—	МРКК0, МРКК1, МРККК
Маркер абонента 0, 1, К	МРКА0	МРКА0, МРКА1, МРКАК

от канала следующим образом: адрес устройства, с которым канал устанавливает связь во время последовательности начальной выборки, — сигналом АДРК; команда во время последовательности начальной выборки — сигналом УПРК в ответ на сигнал АДРА; байт данных во время команд «Записать» или «Управление» — сигналом ИНФК в ответ на сигнал ИНФА или ДАНК.

Тип данных, передаваемых по ША, идентифицируется сигналами от абонента следующим образом: адрес выбранного устройства — сигналом АДРА; байт состояния устройства или УВУ — сигналом УПРА; байт данных зависит от типа операции «Считать», «Считать в обратном направлении» или «Уточнить состояние».

Линия РАБК используется для организации взаимодействия УВУ. Все сигналы на линиях канала, за исключением сигнала БЛКК, действительны только при наличии сигнала РАБК. Сброс РАБК вызывает сброс всех сигналов на линиях абонента, и любая выполняемая в интерфейсе операция прерывается.

Линия ТРБА указывает, что какому-либо УВУ требуется обслуживание путем организации последовательности выборки. Сигнал ТРБА сбрасывается при любом из следующих условий: выдается сигнал РАБА и не требуется дополнительных последовательностей выборки, вводимых УВУ; УВУ не готово далее представить данные или состояние; требование на выборку удовлетворено по другому пути связи. Сигнал ТРБА сбрасывается при появлении сигнала БЛКК, если запрос на представление состояния допускает блокировку.

Линия АДРА дает указание всем подсоединенным УВУ декодировать адрес устройства, находящийся на ШК. Сигнал АДРА выдается только при отсутствии в канале сигналов ВБРК (или РВБК), ВБРА, УПРА и РАБА. Исключая последовательность управления «Отключение от интерфейса», сигнал АДРК не может выдаваться одновременно с любым другим сигналом идентификации от канала.

Выборка УВУ выполняется с помощью линий ВБРК, ВБРА и РВБК. Линии ВБРК и ВБРА образуют приоритетную петлю от канала через каждое УВУ до блока резисторов (эта часть петли называется линией ВБРК) и вновь через каждое УВУ обратно к каналу (линия ВБРА). Схема выборки, находящаяся в УВУ, может подсоединяться либо к линии ВБРК, либо к ВБРА из равных прав. Приоритетность по выборке следующая: за всеми УВУ, подсоединенными к линии ВБРК схемами выборки, следуют все УВУ, подсоединенные к линии ВБРА в порядке подсоединения от блока резисторов к каналу. Если выборка не требуется, то сигнал выборки ретранслируется каждым УВУ на следующее за ним УВУ.

Каждое УВУ обеспечивает обходной путь сигналу ВБРК при включении или выключении питания, которое не должно воздействовать на распространение сигнала ВБРК. УВУ может выдать сигнал РАБА только при поступлении на него входного сигнала ВБРК. Канал сохраняет сигнал ВБРК до поступления сигналов ВБРА, АДРА при наличии РАБА или УПРА. Сигнал ВБРК сбрасывается при появлении сигнала ВБРА и не поступает вновь, пока не сбросится сигнал ВБРА. УВУ считается выбранным после выдачи сигнала РАБА и после сброса ВБРК сохраняет РАБА до завершения текущей последовательности сигналов. При выдаче сигнала РАБА УВУ блокирует дальнейшее прохождение ВБРК на следующее УВУ. В короткой последовательности занятости в ответ на ВБРК выдается УПРА, сигнал ВБРК сбрасывается и не появляется вновь, пока не будет сброшен сигнал АДРК.

Линия РВБК используется совместно с ВБРК для синхрониза-

ции выборки УВУ, а также служит для уменьшения времени прохождения сброса ВБРК путем ликвидации сигнала ВБРК во всех участках петли из линий ВБРК и ВБРА. Линия ВБРА обеспечивает возвращение сигнала ВБРК в канал.

Линия РАБА используется для сигнализации каналу о выборке и подключении УВУ к каналу. Сигнал РАБА присутствует в течение всего времени подключения УВУ к каналу. Выбранное УВУ опознается по байту адреса, передаваемому по ША при выдаче сигнала АДРА.

Линия АДРА служит для сигнализации каналу о нахождении адреса выбранного УВУ на ША и сохраняется до появления сигнала УПРК.

Линия УПРК используется для выдачи сигнала выбранному УВУ в ответ на сигналы: АДРА, УПРА, ДАНА или ИНФА. Сигнал УПРК сохраняется до сброса соответствующего сигнала АДРА, УПРА, ДАНА или ИНФА.

При потоковой передаче данных принцип взаимоблокировки сигнала УПРК с сигналом ИНФА или ДАНА не применяется. Во время последовательности начальной выборки с помощью сигнала ВБРК (в ответ на АДРА) выбранному УВУ указывается, что на ШК находится байт команды от канала.

Выдача УПРК в ответ на сигнал ДАНА или ИНФА всегда означает «Останов». Выдача УПРК в ответ на УПРА означает «Запомнить состояние». При выдаче сигнала ИНФК в ответ на сигнал ИНФА (во время выполнения команды «Считать», «Считать в обратном направлении» или «Уточнить состояние») или же в ответ на сигнал УПРА данные, помещенные УВУ на ША, должны быть приняты каналом.

Выдача сигнала УПРК в ответ на ИНФА во время выполнения команды «Записать» или «Управление» указывает, что канал поместил на ШК запрашиваемые данные. Сигнал ИНФК сохраняется до сброса соответствующего сигнала ИНФА или УПРА. При использовании средств ускоренной передачи данных сигналы ДАНК и ИНФК могут присутствовать одновременно.

Линия ИНФА служит для сигнализации каналу о готовности выбранного УВУ передать или получить байт данных, характер которых зависит от операции и УВУ. В ответ на ИНФА канал выдает либо ИНФК, либо УПРК. Сигнал ИНФА сохраняется до поступления сигнала ИНФК, УПРК или АДРК.

При использовании средств ускоренной передачи данных линии ДАНА и ИНФА могут присутствовать одновременно.

Линия БЛКК используется самостоятельно, сигнал БЛКК может выдаваться и сбрасываться в любое время и совместно с линиями идентификации от канала обеспечивает следующие управляющие функции: блокировку данных; блокировку состояния; цепочку команд; селективный сброс.

Линиями измерения служат СМСК, ИЗМА, ИЗМК. Линия СМСК не используется, канал обеспечивает сброс сигнала на линии все время. Линия ИЗМК служит для разрешения работы счетчиков времени, имеющих в УВУ и других устройствах, предназначенных для таких измерений. Измерение от абонента — линия от всех УВУ, подсоединенных к каналу.

Сигнал ИЗМА выдается в момент приема команды и сохраняется до формирования указателя состояния «ВУ кончилось». Сигнал ИЗМА может выдаваться вместе с сигналом РАБА при любой последовательности сигналов интерфейса, не вызывающих выполнения каких-

либо действий, и сохраняется не дольше сброса сигнала РАБА. Сигнал ИЗМА не выдается в интервале времени между формированием и приемом указателя состояния «ВУ кончилось», в интервале времени между формированием указателя «ВУ кончилось» и приемом следующей команды при цепочке команд, во время ожидания устройством автоматического старта.

3. Адресация. Непосредственная адресация каждого устройства осуществляется использованием 8-разрядного адреса. Адреса ВУ и УВУ присваиваются при установке оборудования по определенным правилам и в основном не изменяются. Правила предусматривают подсоединение ВУ к групповым УВУ с последовательным и непоследовательным набором адресов, к двум или более УВУ.

Декодирование адреса осуществляется УВУ при условии, что адрес имеет правильный контрольный разряд и принадлежит к числу, присвоенному данному УВУ. Возврат сигнала ВБРК в виде ВБРА в канал имеет место при неподсоединении устройства с данным адресом к СВВ или при выводе устройства из СВВ программными средствами, оператором или обслуживающим персоналом. Схема декодирования настраивается на любую комбинацию разрядов во время подсоединения.

4. Команды (операции) ввода-вывода. Байт команды, передаваемый по линиям ШК, задается в соответствии с табл. 3.32, причем младшие разряды кода команды определяют операцию, а старшие — код модификации (М), расширяющий назначение основной операции. Команда с неправильным контрольным разрядом не опознается и не выполняется.

Основные операции определяются следующими командами: «Считать», «Считать в обратном направлении», «Записать», «Управление», «Уточнить состояние», «Проверить».

Т а б л и ц а 3.32. Операции ввода-вывода

Наименование	Разряды байта команды									
	К	0	1	2	3	4	5	6	7	
Проверить	К	М	М	М	М	0	0	0	0	
Проверить ввод-вывод*	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Резервные:										
от	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
до	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
Уточнить состояние	К	М	М	М	М	0	1	0	0	
Основное уточнение состояния*	К	0	0	0	0	0	1	0	0	
Уточнить тип устройства*	1	1	1	1	0	0	1	0	0	
Считать	К	М	М	М	М	М	М	1	0	
Основное чтение	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Считать в обратном направлении	К	М	М	М	М	1	1	0	0	
Записать	К	М	М	М	М	М	М	0	1	
Управление	К	М	М	М	М	М	М	1	1	
Холостой ход*	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
Резервная	К	М	М	М	М	1	0	0	0	

* Эти операции выполняются на всех устройствах.

Немедленно выполняемая операция имеет место в следующих случаях: 1) нет передачи данных; 2) указатель «Канал кончил» представляется в байте начального состояния. Любая команда за исключением ПВВ, может исполняться в виде этой операции.

Команда «Считать» обеспечивает передачу данных от УВУ к каналу (в пределах блока — в той же последовательности, в какой они были записаны). Команда «Основное чтение» используется при первоначальной загрузке программы для соответствующих устройств и должна быть первой командой, переданной устройству вслед за выполнением последовательности «Сброс системы», а также послышаться не ранее 1 мс после сброса системы.

Команда «Считать в обратном направлении» обеспечивает передачу в канал байтов данных в пределах блока в последовательности, обратной той, в которой они были записаны. Команда «Записать» обеспечивает передачу данных из канала в УВУ. Команда «Управление» аналогична команде «Записать», однако возможные управляющие функции определяются путем декодирования УВУ разрядов модификации. Вторичная адресация является одной из выполняемых функций.

Команда «Холостой ход» является разновидностью команды «Управление», которая не выполняет каких-либо операций в устройстве, за исключением завершения предварительно указанных цепочек операций и других случаев. Команда «Уточнить состояние» обеспечивает получение каналом указателей уточненного состояния, а не данных. Команда «Основное уточнение состояния» является модификацией команды «Уточнить состояние» и вызывает чтение 32 байтов детальных данных из доступного УВУ, даже если адресуемое устройство находится в состоянии «Не готово».

Команда «Уточнить тип устройства» обеспечивает чтение данных о шифре и номере модификации ВУ и УВУ (до 7 байтов). Байты уточненного состояния, передаваемые по этой команде, следующие: 0 — FF; 1, 2 — шифр УВУ; 3 — номер модификации УВУ; 4, 5 — шифр устройства; 6 — номер модификации устройства. Команда «Проверить ввод-вывод» получает по адресуемому пути связи с устройством любые данные состояния, имеющиеся в результате формирования указателей, запоминания или хранения состояния.

5 Данные состояния. При наличии сигнала УПРА данные на ША являются байтом состояния, характеризующим состояние адресуемого устройства или УВУ. Разряды байта состояния соответствуют следующим указателям: К — «Контрольный»; 0 — «Внимание»; 1 — «Модификатор состояния»; 5 — «ВУ кончилось»; 6 — «Сбой в устройстве»; 7 — «Особый случай в устройстве».

Байт состояния передается каналу в следующих случаях: при начальной выборке, для представления каналу указателя «Канал кончил» по окончании передачи данных, указателя «ВУ кончилось» и сопутствующих указателей или указателей «ВУ кончилось», «УВУ кончилось» в случае освобождения УВУ или ВУ после занятости; для передачи запомненного ранее состояния, когда разрешается это сделать, или асинхронных условий, не относящихся к выполнению предшествующей операции («Внимание» и т. д.). Любой байт состояния, принятый каналом, сбрасывается и не представляется снова.

Данные уточненного состояния, переданные по команде «Уточнить состояние», сообщают сведения о необычных условиях, обнаруженных в предшествующей операции ввода-вывода, в действительном состоянии устройства. Информация, получаемая по команде «Основное уточненное состояние», является более детальной и со-

держит причины формирования указателя «Сбой в устройстве». При этом все устройства сообщают по крайней мере первый байт уточненного состояния и не более 31 дополнительного байта. Байт уточненного состояния содержит следующие шесть одинаковых для всех устройств разрядов: 0 — команда отвергнута; 1 — требуется вмешательство; 2 — ошибка на ШК; 3 — сбой в оборудовании; 4 — ошибка в данных; 5 — перегрузка.

3.6.3. Функциональная организация

1. Последовательность сигналов интерфейса. Выполнение операций в интерфейсе обеспечивается набором последовательностей сигналов выборки, передачи данных и окончания. Во время операции эти последовательности организуют переход от одного этапа к последующему: связывают передачу байтов внутри этапов; управляют ходом выполнения и прекращают выполнение текущей операции.

Последовательность сигналов выборки выполняется каналом при начальной выборке, при выборке занятого УВУ, при выборке, вводимой УВУ.

Начальная выборка инициируется каналом посредством послышки команды в ВУ. Если ВУ свободно и может выполнить команду, то УВУ выдает каналу соответствующий байт состояния, что указывает на начало операции. При занятости УВУ выполняется последовательность занятого УВУ и выдается байт состояния с комбинациями указателей «Занято», «Модификатор состояния», «УВУ кончилось».

Выборка, вводимая УВУ, осуществляется по требованию абонента на возобновление связи с каналом (при мультиплексном режиме работы) для передачи байта или группы байтов данных или байта состояния по окончании операции.

Передача данных осуществляется в байт-мультиплексном или монопольном режиме. При байт-мультиплексном режиме время подключения УВУ к каналу не превышает 32 мкс. Это обычный режим для низкоскоростных устройств, которые также имеют возможность работать в монопольном режиме по требованию канала.

При монопольном режиме (для высокоскоростных устройств) время подключения УВУ к каналу превышает 32 мкс. В этом режиме допускается отсутствие передачи данных, но не более 30 с (например, при чтении длинного межзонного промежутка на МЛ). В монопольном режиме передача данных производится без прекращения связи УВУ с каналом после начальной выборки.

Последовательность окончания может происходить по инициативе канала или ВУ. В первом случае канал посылает ВУ последовательность сигналов «Отключение от интерфейса» или «Селективный сброс», а во втором — устройство прерывает выполнение операции, выдавая в канал байт состояния обычно с указателями «Канал кончил», «ВУ кончилось».

Запросы на передачу данных имеют более высокий приоритет обслуживания относительно запросов на передачу байта состояния. Это осуществляется блокировкой требования на передачу байта состояния при выдаче сигнала БЛКК.

Схемы алгоритмов и временные диаграммы работы интерфейса, приведенные в приложениях 1, 2 НМ МПК по ВТ43—82 в качестве примеров, не следует рассматривать как точное определение последовательностей интерфейса.

2. Дополнительные функции интерфейса. При использовании средств, обеспечивающих дополнительные функции, применяются все поло-

жения основных функций интерфейса, за исключением особо оговариваемых.

Расширение шин данных позволяет осуществлять передачу параллельно двух байтов. Линии маркеров канала МРКК определяют число байтов, выдаваемых каналом на ШК. При передаче данных от УВУ к каналу сигналы МРКК определяют число байтов, принимаемых каналом. Линии маркеров абонента МРКА определяют число байтов, выдаваемых УВУ на ША. Каналы и УВУ, работающие с линиями маркеров, обеспечивают нечетное число возбужденных линий при наличии соответствующих сигналов (ИНФК, ДАНК, УПРК или ИНФА, ДАНА, АДРА, УПРА). Сигналы на линиях «Маркер абонента» действительны с момента выдачи сигнала РАБА до момента сброса сигнала АДРК.

Ускорение передачи данных осуществляется средствами синхронизации путем попеременной выдачи сигналов ДАНА и ИНФА и соответственно ДАНК и ИНФК, что позволяет также удалить быстродействующие УВУ на большее расстояние.

Линия ДАНА служит для сигнализации каналу о том, что выбранному УВУ требуется передача байта данных. Линия ДАНК используется в ответ на выдачу сигнала ДАНА.

Попеременная выдача сигналов ИНФА и ДАНА обеспечивает передачу данных с большой скоростью. Данные выдаются на шины не менее чем на 100 нс раньше выдачи соответствующего сигнала идентификации. Ситуация переполнения для сигнала ДАНА такая же, как и для сигнала ИНФА.

Средства потоковой передачи данных обеспечивают при длине линий интерфейса до 122 м скорость передачи до 3 Мбайт/с. Этот режим применяется только для команд «Считать» и «Записать» с использованием сигналов ИНФА и ДАНА. Режим требует, чтобы УВУ и каналы имели внутренний разброс задержек между выдачей сигналов ИНФА (ИНФК) или ДАНА (ДАНК) и данных на шины не более 22,5 нс. Режим идентифицируется выдачей УВУ в начале передачи данных сигнала ДАНА, а каналу известно, что УВУ имеет возможность использовать этот режим.

Время ответа при потоковой передаче данных должно быть менее 8 мкс после выдачи сигнала идентификации от абонента, ожидающего ответных сигналов от канала.

Средство повторения команды обеспечивает повторное выполнение команды без использования прерываний от ввода-вывода. Действия вызываются УВУ посредством определенной комбинации в байте состояния. УВУ сигнализирует о необходимости повторения возбуждением линий МРКАО и УПРА с представлением байта состояния, содержащего указатели «Сбой в устройстве» и «Модификатор состояния» (указатель повторения) совместно с указателями «Канал кончил» и/или «ВУ кончило». Канал в ответ организует цепочку команд и в зависимости от сочетания указателей выдает: предыдущую команду при наличии в байте состояния только указателя «ВУ кончило»; команду, следующую за предыдущей, если указатель «ВУ кончило» сопровождается указателем «Модификатор состояния».

Сигнализация об ошибке ввода-вывода обеспечивается линией «Отключение от абонента» (ОТКА) и позволяет каждому УВУ, подключенному логически к каналу, возбуждать эту линию во время выполнения последовательности выборки, вводимой УВУ (после выдачи адреса и сигнала АДРА).

Канал отвечает селективным сбросом устройства, при этом сиг-

нал ОТКА не снимается до начала выполнения сброса и остается дольше 100 нс после сброса сигнала РАБА.

Средство динамического подключения устройств обеспечивает устройству выбор любого доступного интерфейса в группе интерфейсов для передачи данных системе при условии, что устройство и подсистема каналов имеют аналогичные средства.

Множество интерфейсов между подсистемой каналов и устройством могут быть логически скомпонованы в группы интерфейсов, связанных с одной системой. Применение средства может затем задаваться среди интерфейсов группы.

3. Переходные процессы в интерфейсе. При смене режима «Работа» — «Автономная работа» работающее в автономном режиме УВУ не должно влиять на ход операции в интерфейсе. При переходе УВУ из режима «Работа» в режим «Автономная работа» должны выполняться, как минимум, пять условий, обеспечивающих исключение возможности ошибки в работе при переводе оператором переключателя режима.

При включении или выключении электропитания каждое УВУ обеспечивает создание обходного пути для сигнала ВБРК, за исключением короткого прерывания на время не более 1,8 мкс.

3.6.4. Физическая реализация интерфейса

1. Линии передачи информации. В основной комплект линий передач входят 38 функционально разделенных линий (9 шин канала, 9 шин абонента, 1 линия маркера абонента, 8 линий идентификации, 8 линий управления, 3 линии управления измерениями). В расширенный комплект кроме основных добавлены 27 функционально разделенных линий (9 шин канала, 9 шин абонента, 5 линий маркеров, 4 резервные).

Линии передачи обеспечивают подключение к каналу до 10 УВУ. В линиях передачи лог. 1 соответствует минимальный высокий уровень, не менее 2,25 В, за исключением линий «Выборка» и «Обратная выборка» (1,85 В); лог. 0 — максимальный низкий уровень не более 0,15 В. Максимальный уровень наводимых в линии импульсных помех — не более $\pm 0,4$ В. Волновое сопротивление линии — от 82 до 110 Ом. Линии реализуются высокочастотными кабелями, имеющими номинальное сопротивление не более 0,32 Ом/м, внешний диаметр не более 6,5 мм. Внешние части линий интерфейса (между УВУ) выполняются коаксиальным кабелем с одинаковым значением волнового сопротивления с допуском не более 20 Ом. Все линии согласуются (за исключением линий выборки) с двух концов резисторами с разбросом сопротивления $\pm 2\%$. Сопротивление сигнального проводника одной линии — не более 20 Ом, а внутри УВУ — не более 1 Ом. Максимальная длина линий передачи (при использовании кабеля марки ИКМ 0,3/2,4) — 63 м.

2. Электрические характеристики.

Электрические параметры УПМ: порог чувствительности по напряжению для лог. 1 соответствует 1,7 В, а для лог. 0 — 0,7 В; входной ток при напряжении 0...2,8 В — не более 0,38 мА; сохранение работоспособности при постоянном входном напряжении 6 или 7 В и соответственно выключением/включением электропитания и при 0,15 В и включенном/выключенном электропитании.

Электрические параметры УПД: выходное напряжение для лог. 1 — не менее 2,8 В при токе нагрузки 53 мА и не менее 3,2 В при токе 37 мА, а для лог. 0 — не более 0,15 В при токе 0,24 мА; потреб-

Таблица 3.33. Назначение контактов

Номер	Соединитель 1				Соединитель 2			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ШКО	Э	ШККО	Э	БЛКК	Э	РАБК	Э
2	Э	ШК20	Э	ШК10	Э	РАБА	Э	РБВК
3	ШК40	Э	ШК30	Э	ВБРК	Э	ТРБА	Э
4	Э	ШК60	Э	ШК50	Э	ДАНА	Э	ВБРА
5	К	К	ШК70	Э	К	К	ДАНК	Э
6	Э	ША00	Э	ШАК0	Э	УПРК	Э	АДРК
7	ША20	Э	ША10	Э	АДРА	Э	ИНФК	Э
8	Э	ША40	Э	ША30	Э	ИНФА	Э	УПРА
9	ША60	Э	ША50	Э	ИЗМА	Э	ИЗМК	Э
10	Э	МРКА0	Э	ША70	Э	ОТКА	Э	СМСК

Примечание. Э — экран; К — корпус; Р — резерв.

ляемый ток от линии при лог. 0 УПД и лог. 1 в линии интерфейса — не более 0,1 мА; сохранение работоспособности при воздействии на выход УПД не более 7 В и после короткого замыкания УПД на землю.

3. Параметры соединителей. Вилка РШ7П (10 ШЗТ) комбинированного соединителя типа «Набор» используется для подсоединения кабеля интерфейса к УВУ. в кабеле — розетка РГ7 (10 ГЗГ) со специальным кожухом.

Назначение контактов используемых четырех соединителей приведено в табл. 3.33. Сигнальный проводник и экран кабеля присоединяются к соседним контактам на одной колодке.

Реле с герметическими контактами осуществляет коммутацию токов и напряжений в линиях «Выборка» и «Обратная выборка» при переключении электропитания в УВУ.

4. Ретрансляторы сигналов. Ретрансляторы используются при передаче сигналов на расстояния, превышающие максимальную длину; увеличении числа УВУ более десяти. Ретранслятор не должен инвертировать ретранслируемый сигнал; нарушать временные соотношения сигналов интерфейса.

5. Требования к монтажу. Канал располагается в начале линий интерфейса. Ретранслятор подключается к интерфейсу как УВУ. Крайние УПД и УПМ могут располагаться за согласователем на расстояние не более 0,15 м.

Длина отвода от УПД или УПМ (кабель, печатная плата, витая пара) — не более 0,15 м. Суммарная емкость, шунтирующая кабель — не более 20 пФ. Расстояние между двумя УПМ, подсоединенными к одной линии, — не менее 1,5 м. На всех устройствах используются только штыревые части соединителей.

в соединителе интерфейса ввода-вывода

Соединитель 3				Соединитель 4			
1	2	3	4	1	2	3	4
ШК01	Э	ШКК1	Э	МКРК0	Э	МРКК1	Э
Э	ШК21	Э	ШК11	Э	МРККК	Э	МРКА1
ШК41	Э	ШК31	Э	МРКАК	Э	Р	Э
Э	ШК61	Э	ШК51	Э	Р	Э	Р
К	К	ШК71	Э	К	К	—	—
Э	ША01	Э	ШАК1	—	—	—	—
ША21	Э	ША11	Э	—	—	—	—
Э	ША41	Э	ША31	—	—	—	—
ША61	Э	ША51	Э	—	—	—	—
Э	Р	Э	ША71	—	—	—	—

3.7. ИНТЕРФЕЙСЫ НАКОПИТЕЛЕЙ НА МАГНИТНЫХ ДИСКАХ

3.7.1. Общая характеристика

Накопители на магнитных дисках (НМД) имеют хорошие показатели по скорости считывания, времени доступа, емкости и в основном используются для хранения системного программного обеспечения, а также промежуточного хранения информации.

Выделяют следующие основные типы НМД: с жестким носителем с сервоповерхностью, с подвижными или фиксированными голов-

Таблица 3.34 Основные интерфейсы НМД

Тип НМД	Скорость передачи, Мбит/с	Стандарты	Относительный
Жесткие с диаметром 203 мм и более	До 2,5	SMD и его модификации, SCSI, SASI, HP-IB	СМД, ИКМД, ИФМД, ИМД-М
Винчестерские с диаметром 133 мм и менее	До 5	ST506/412, SCSI, SMD, HP-IB	
Гибкие с диаметром 203, 133, 89 мм	До 10 От 0,25 до 0,5	ESDI, RS-422, RS-423, ST 506, SCSI, HP-IB, HP-IL	ИГМД-1, ИГМД-2, ИГМД

Примечание. СМД — интерфейс НМД с сервоповерхностью; ИКМД — интерфейс МД со сменной кассетой; ИФМД — интерфейс МД с фиксированными головками; ИМД-М — интерфейс малогабаритных МД с подвижными головками; ИГМД — интерфейс накопителей на гибких МД диаметром 130 и 200 мм; ИГМД-1 и ИГМД-2 — интерфейсы соответственно одиодисковых и двухдисковых ГМД с двухчастотным методом записи.

ками записи-чтения, со сменным или фиксированным носителем; с жестким носителем винчестерского типа (НВМД); накопители на гибких МД (НГМД). В зависимости от скорости передачи и организации НМД для различных их типов применяются различные унифицированные зарубежные и отечественные интерфейсы (табл. 3.34). Стандартными методами записи являются модифицированные фазокодированные методы.

Дальнейшее техническое совершенствование НМД различных типов направлено на увеличение емкости памяти при одновременном уменьшении диаметра диска. Это обеспечивается повышением продольной и поперечной плотности записи (в том числе благодаря использованию поперечного метода записи) и соответственно увеличением скорости передачи данных.

3.7.2. Интерфейс СМД

1. Общие сведения. Интерфейс СМД (НМ МПК по ВТ 84—85) служит для подключения НМД с жестким носителем с сервоповерхностью, с подвижными или фиксированными головками, со сменным или фиксированным носителем, диаметр которого составляет 356 и 200 мм а также микропроцессорных контроллеров НМД.

Международным аналогом интерфейса является стандарт SMD.

2. Логическая организация. Линии интерфейса распределены по двум соединителям кабелей А и В в соответствии с табл. 3.35, 3.36.

Т а б л и ц а 3.35. Линии соединителя А интерфейса СМД

От контроллера	Контакт		От НМД	Контакт	
	А	В		А	В
Выбор НМД	22	52	Готов	19	49
НМД 2 ⁰ ...2 ³	23, 24, 26, 27	53, 54, 56, 57	На цилиндре	17	47
			Адресный маркер найден	20	50
Адрес цилиндра	1	21	Защита записи	28	58
Номер головки	2	32	Ошибка поиска	16	46
Управление	3	33	Ошибка	15	45
Бит 0...9	4...13	34...43	Индикс	18	48
Включение питания	29	—	Сектор	25	55
Разрешение питания	—	59	Занято	21	51
Кабель не подключен	14	14	Резерв	30	60

Примечание. Все линии являются парафазными, за исключением линий «Включение питания», «Разрешение питания»: линия «Адресный маркер найден» является необязательной; линия «Занято» используется в варианте двухканального управления.

Подключение НМД к контроллеру осуществляется либо параллельно, либо последовательно. Информация управления передается частично синхронно. Информация на линиях «Бит 0...9» синхронизу-

Таблица 3.36. Линии соединителя В интерфейса СМД

Линия	Контакт	
	А	В
<i>От контроллера</i>		
Данные записи	08	08
Синхронизация записи	06	06
<i>От накопителя</i>		
Данные чтения	03	03
Синхронизация чтения	05	05
Синхронизация	02	02
ИМД выбран	09	09
Индекс	12	12
Сектор	13	13
Поиск окончен	10	10

Примечание. Все линии являются парафазными; контакты 01, 04, 07, 11 — земля; линии «Сектор» и «Индекс» являются необязательными.

ются сигналами на линиях «Адрес цилиндра», «Номер головки», «Управление» в соответствии с табл. 3.37.

3. Функциональная организация.

Линии интерфейса кабеля А указаны в табл. 3.35. Сигнал «Выбор ИМД» стробирует линии «ИМД 2⁰...2³», определяющие логический адрес ИМД. Сигнал «Адрес цилиндра» идентифицирует информацию

Таблица 3.37. Значение информации на линиях «Бит 0...9» интерфейса СМД

Бит	Адрес цилиндра	Номер головки	Операция
Бит 0	1	1	Запись
Бит 1	2	2	Чтение
Бит 2	4	4	Смещение вперед
Бит 3	8	3	Смещение назад
Бит 4	16	16	Сброс ошибки
Бит 5	32	—	Адресный маркер
Бит 6	64	—	Восстановление
Бит 7	128	—	Строб раньше
Бит 8	256	—	Строб позже
Бит 9	512	—	Сброс блокировки

Примечание. Операция «Сброс блокировки» необходима только при двухканальном управлении.

на линиях «Бит 0...9» как адрес цилиндра. Сигнал «Номер головки» идентифицирует информацию на линиях «Бит 0...9» как номер головки, а сигнал «Управление» — как операцию управления. Сигнал «Запись» разрешает запись данных на выбранный НМД, а сигнал «Чтение» — чтение данных с выбранного НМД. Сигналы «Смещение вперед» и «Смещение назад» смещают головки с оси дорожки соответственно в сторону центра и от центра диска. Они используются для чтения краевых данных, записанных на ось дорожки или не в строгой временной последовательности по длине дорожки.

Импульс по линии «Сброс ошибки», посланный в НМД, сбрасывает триггер ошибки выбранного НМД в том случае, если условие ошибки более не выставляется.

Сигнал «Адресный маркер» вместе с сигналом «Запись» или «Чтение» разрешает запись или обнаружение адресного маркера. Если сигнал не используется, то сигнал «Бит 5» пассивен в течение всей операции управления.

Сигнал «Восстановление» заставляет головки перемещаться на нулевую дорожку и сбрасывает регистр адреса головки.

Сигнал «Строб раньше» («Строб позже») обеспечивает стробирование данных с опережением (с запаздыванием). Нормальное стробирование возобновляется при лог. 0. Сигналы используются для чтения краевых данных.

Сигнал «Сброс блокировки» используется в случае двухканального управления при стирании признака автоматического резервирования устройства для последнего работающего канала.

Сигналы «Бит 0...9» передают информацию об адресе цилиндра, номере головки, операции управления.

Линии «Включение питания» и «Разрешение питания» используются для передачи управляющих сигналов автоматического включения и выключения НМД. Максимальный ток по этим линиям соответствует 60 А при подключении 60 накопителей.

Для передачи информации от накопителя используются сигналы, указанные в табл. 3.35.

Сигнал «Готов» означает готовность выбранного НМД (скорость достигнута, первый поиск успешно завершен, нет сигнала «Ошибка»).

Сигнал «На цилиндре» информирует о том, что позиционирование закончено и головки находятся над цилиндром по заданному адресу.

Сигнал «Адресный маркер найден» обнаруживает стертую зону длиной по меньшей мере 16 бит. Контроллер должен прекратить операцию «Адресный маркер» при получении этого сигнала и получить на линиях интерфейса данные вслед за импульсом «Адресный маркер найден».

Сигнал «Защита записи» активен все время, пока идет обращение к защищенной части выбранного НМД. Попытка произвести запись в это время вызывает установку сигнала «Ошибка».

Сигнал «Ошибка поиска» означает, что НМД не успевает найти цилиндр за требуемый интервал времени, а также обращение к несуществующему цилиндру. Этот сигнал запрещает сигнал «На цилиндре», и может быть сброшен только операцией «Восстановление».

Сигнал «Ошибка» указывает на ошибку в выбранном НМД, например на одновременное обращение к нескольким головкам или выполнение нескольких операций (операции «Запись» во время операции «Смещение»):

Сигнал «Индекс» возникает после выбора НМД один раз за время одного оборота диска по фронту нулевого сектора.

Сигнал «Сектор» считывается с микродорожки и передается выбранным НМД (число секторов выбирается в НМД). Допускается использование сигналов «Индекс» и «Сектор» в кабеле В.

Сигнал «Занято» используется только при двухканальном управлении НМД (устанавливается при попытке выбора НМД, если он уже выбран другим контроллером).

Линии интерфейса кабеля В указаны в табл. 3.36.

Сигнал «Данные записи» («Данные чтения») представляет собой данные записи (чтения) по методу без возвращения к нулю (БВН).

Сигнал «Синхронизация» — постоянно считываемая информация с сервоповерхности НМД, используемая для генерации сигнала «Синхронизация записи» (не стробируется сигналом «Выбор НМД»). Данные, передаваемые по интерфейсу, представляются в БВН-виде.

Сигнал «Синхронизация чтения» синхронизирует информацию, считанную с носителя. Данные, передаваемые по интерфейсу, представлены в БВН-виде.

Сигнал «Поиск окончен» — комбинация сигналов «На цилиндре» или «Ошибка поиска», означающая законченность поиска выбранного цилиндра. Сигналы «На цилиндре» и «Поиск окончен» идентичны до установления сигнала «Ошибка поиска».

Сигнал «НМД выбран» формируется выбранным НМД после получения сигнала «Адрес НМД» по фронту сигнала «Выбор НМД».

4. Физическая реализация. Тип соединителя кабелей А и В не регламентируется. Рекомендуются типы штыревых соединителей с шагом выводов контактов в ряду 2,54 мм: для кабеля А — 60-контактный двухрядный соединитель, предназначенный для плоского кабеля; для кабеля В — 26-контактный двухрядный соединитель с фиксацией, предназначенный для плоского кабеля. На НМД располагаются гнездовые соединители (вилки).

Параметры сигналов и согласование волнового сопротивления кабеля интерфейса от 100 до 130 Ом обеспечивают длину кабеля А до 30 м, кабеля В до 15 м.

В качестве передатчиков и приемников используются микросхемы типа SN75110 и SN75107В соответственно или их аналоги, имеющие время переключения 10...35 нс для напряжения выхода передатчика кабеля А — от 0,2 до 0,5 В и кабеля В — от 0,5 до 1,2 В при ТТЛ-входе.

3.7.3. Интерфейс ИКМД

1. Общие сведения. Интерфейс осуществляет передачу данных и управляющих сигналов между контроллером — устройством управления (УУ) и НМД со сменной кассетой по функционально разделенным линиям. Интерфейс устанавливает последовательность передачи управляющих сигналов, обеспечивающих необходимые операции по вводу и выводу данных.

Способ записи информации двухчастотный

2. Логическая и функциональная организация. Перечень линий интерфейса приведен в табл. 3.38.

Сигналы ВБУ0...ВБУ3 передаются по четырем отдельным линиям для выбора каждого из четырех накопителей в течение всего времени совместной работы накопителя с УУ. По получении сигнала «Адрес подтвержден» или «Неправильный адрес» сигнал на этой линии может быть снят. Все линии интерфейса (за исключением линий PRN и ВНО...ВНЗ) разрешаются линией выбора. Сигнал ВБД (лог. 1/0) выбирает постоянный/сменный диск.

Т а б л и ц а 3.38. Линии интерфейса ИКМД

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>От контроллера к накопителю</i>		
Выбор устройства 0...3	ВБУ0...ВБУ3	Выбор каждого из четырех НМД
Выбор диска	ВБД	Выбор постоянного/сменного МД
Выбор головки	ВБГ	Выбор одной из двух поверхностей диска
Адрес цилиндра 2 ⁰ ...2 ⁸	АДР0...АДР8	Передача адреса цилиндра в двоичном коде
Восстановление	ВСС	Подача команды возврата к нулевому цилиндру
Строб	СТР	Стробирование информации, передаваемой по линиям АДР и ВСС
Запись разрешена	ЗПР	Включение тока записи в выбранную головку
Стирание разрешено	СТР*	Включение тока стирания в выбранную головку
Считывание разрешено	СЧР	Разрешение передачи информации по линиям СЧД или СХР
Данные записи	ДЗП	Серия импульсов закодированных данных
Защита записи	ЗЩЗ	Введение защиты записи на выбранном диске
Питание согласователя	ПТС	Подача напряжения +5 В в систему передачи данных накопителя
Пропадание напряжения	ПРН	Контроль уровня линии ПТС
<i>От накопителя к контроллеру</i>		
Устройство готово	ГУ	Идентификация готовности
Поиск закончен	ПЗ	Указание готовности начать операцию
Адрес подтвержден	АДП	Подтверждение принятия накопителем команды поиска цилиндра или команды «Восстановление»
Неправильный адрес	НПА	В накопитель подан адрес цилиндра более 203 (407)
Ошибка поиска	ОШП	Магнитные головки не установились на заданный цилиндр в течение требуемого времени
Индекс	ИНД	Определяет начало всех цилиндров

Наименование	Обозначение	Назначение
Сектор	СКР	Определяет начало сектора
Адрес сектора	АДС0...АДС4	Передача в двоичном коде номера сектора
2 ⁰ ...2 ⁴		
Неисправность	НПР	Идентификация и световая индикация
Состояние защиты записи	СЗЗ	На выбранном диске установлена обратная защита записи
Высокая плотность	ВСП	Для передачи информации о числе цилиндров в накопителе
Внимание 0...3	ВН0...ВН3	Передача состояний «Поиск закончен», «Ошибка поиска»
Синхронимпульсы	СХР	Выделенные из считанных данных синхронимпульсы
Считанные данные	СЧД	Импульсы, соответствующие единицам считанных данных

Сигнал ВБГ (лог. 1/0) выбирает нижнюю верхнюю поверхность.

Сигналы АДР0...АДР8 передаются по девяти линиям, по которым принимаются номера цилиндров в двоичном коде от 000 до 203₁₀, или от 000 до 407₁₀. Если максимальный адрес равен 203, линия АДР8 не используется. Сигналы на линиях стробируются сигналом СТР.

Сигнал ВСС стробируется сигналом СТР. Появление сигнала СТР во время действия сигнала ПЗ вызывает в общем случае поиск требуемого цилиндра (в случае переадресации), т. е. ввод адреса цилиндра, на котором находится головка (поиск не производится) и подачу сигнала НПА; при возбуждении линии ВСС и подаче сигнала СТР начинается операция «Возврат к нулевому цилиндру» и вырабатывается сигнал АДП. Операция «Поиск» начинается с появлением сигнала СТР только тогда, когда накопитель находится в состоянии «Поиск закончен».

Сигнал ЗПР обеспечивает включение тока стирания самим накопителем во время операции записи в случае, когда он не воспринимает сигнала «Стирание разрешено». Сигнал СТР используется в НМД, не обеспечивающих включения тока стирания во время операции записи.

Сигнал СЧР управляет передачей информации в режиме чтения. Подача сигнала запрещается в случае, когда сигнал «Поиск закончен» не возбужден совместно с сигналом ЗПР. Время восстановления усилителя считывания после операции записи или после переключения головок — до 25 мкс.

Для синхронизации схем разделения данных от синхронимпульсов после включения сигнала СЧР обеспечивается обязательное считывание накопителем поля, состоящего из синхронимпульсов длиной (по времени) не менее 12 мкс.

Сигнал ДЗП — суммированный сигнал синхронимпульсов и данных в режиме двойной частоты. Номинальная ширина импульсов должна соответствовать 100 нс. При отсутствии операции записи сигнал ДЗП

должен быть в состоянии лог. 0. Он подается одновременно или не позже, чем через 2 мс после подачи сигнала ЗПР.

Сигнал ЗЦЗ — импульс, который вводит защиту записи на выбранном диске. Это состояние продолжается до момента его сброса оператором с пульта управления.

Сигнал АДП длительностью 0,8...1,2 мкс является подтверждением принятия накопителем команды поиска цилиндра с номером не более 203 (407) или команды «Восстановление» и определяет начало операции поиска.

Сигнал НПА длительностью 0,8...1,2 мкс показывает, что в накопитель подан адрес цилиндра более 203 (407).

Сигнал ОШП сбрасывается командой восстановления. Допускается при его наличии появление сигнала «Поиск закончен», идентифицирующего нахождение головок на цилиндре 000.

Сигнал ИНД длительностью 40 мкс появляется в каждом обороте 1 раз. В накопителе имеется два отдельных датчика индекса: один для постоянного диска, другой для сменной кассеты. Сигнал появляется в момент прохождения индексного выреза перед датчиком.

Сигнал ВБД подключает к выходной линии ИНД сигнал от датчика.

Сигнал СКР длительностью 40 мкс появляется в начале каждого сектора в момент прохождения секторного выреза перед датчиком. Сигнал ВБД подключает к выходной линии СКР сигнал от датчика.

Сигналы АДС0...АДС4 в двоичном коде определяют номер сектора через 200 нс после появления фронта импульса СКР и всегда соответствуют номеру сектора. При числе секторов менее 16 сигнал АДС4 можно не использовать. Сектор 00 — сектор, следующий за сектором, содержащим импульс индекса.

Сигнал ИНР указывает на наличие одного из следующих условий: неисправность в тракте записи/считывания; понижение какого-нибудь из постоянных питающих напряжений ниже допустимого предела; отклонение скорости вращения кассеты за пределы допустимых значений в накопителе со стабилизацией скорости вращения. Активность сигнала ИНР блокирует выполнение команд, связанных с операциями записи/воспроизведения. Сброс состояния неисправности осуществляется нажатием клавиши на пульте управления накопителем, когда условия для возбуждения сигнала отсутствуют.

Сигнал СЗЗ используется для запрещения записи на диске, где установлена защита записи. Защита записи на выбранном диске включается сигналом СЗЗ, а также оператором с пульта управления.

Сигнал ВСП для лог. 1 идентифицирует наличие 400+8 (запасных) цилиндров, а для лог. 0 — 200+4 запасных цилиндров.

Сигналы ВНО, ВНЗ передаются по четырем радиальным линиям и показывают, что соответствующий накопитель закончил операцию поиска действительного адреса, переадресации, восстановления (состояние «Поиск закончен») или что он не в состоянии правильно закончить эту операцию (состояние «Ошибка поиска»).

Сигнал прерывания ВП подается накопителем в любое время. Состояние «Внимание» сбрасывается командой «Строб».

Импульсы синхронизации СХР — импульсы с уровнями лог. 1, выделенные из считанных данных. Период следования импульсов определяется с допуском отклонения от номинального значения. Для накопителей со скоростью обмена 2,5 Мбит/с он составляет 400 нс. Фронты импульсов должны находиться в пределах 20...40 нс; ширина импульсов — 90...240 нс.

Сигналы СЧД — импульсы, фронты которых находятся в середине расстояния между активными фронтами соседних синхروимпульсов с допуском от номинального значения. Для скорости 2,5 Мбит/с эта величина составляет 200 нс. Фронты импульсов должны находиться в пределах 20...50 нс; длительность импульсов — 90...240 нс.

3. Физическая реализация. Число последовательно подключенных к УУ накопителей — не более четырех. Максимальная длина кабеля должна быть не более 9 м при использовании приемников ТТЛ-типа и не более 15 м для специальных интерфейсных приемников.

Интерфейсные соединители должны обеспечивать возможность последовательного подключения накопителей.

Уровень постоянного напряжения на выходе передатчика для всех сигнальных линий интерфейса должен быть не более 4 В для лог. 0 и не более 0,4 В для лог. 1. Уровень индуцированных импульсных помех на входе приемника должен быть не более 0,2 В для лог. 1 и не более $\pm 0,5$ В для лог. 0.

Число секторов для накопителей выбирается из ряда значений 8, 12, 16, 24, 32.

3.7.4. Интерфейс ИМД-М

1. Общие сведения. Интерфейс малогабаритных накопителей на несменном магнитном диске с подвижными головками (ИМД-М) предназначен для выполнения необходимых операций между накопителем и контроллером.

Международным аналогом интерфейса является стандарт ST506 фирмы Seagate Technology, получивший преимущественное распро-

Таблица 3.39 Линии управляющих сигналов ИМД-М.
Соединитель X3

Наименование	Обозначение	Контакт
<i>От контроллера</i>		
Выбор головки 2 ⁰ , 2 ¹ , 2 ²	ВГ1, ВГ2, ВГ4	14, 18, 04
Выбор накопителя 1...4	ВН1...ВН4	26, 28, 30, 32
Шаг	ШАГ	24
Направление	НПР	34
Управление током записи	УТЗ*	02
Кабель установлен	КУ*	16
<i>От накопителя</i>		
Поиск закончен	ПЗН	08
Дорожка 00	Д00	10
Индекс	ИНД	20
Накопитель готов	НГТ	22

Примечание. Все нечетные контакты разъема 01, 03, ..., 31, 33 подключены к земле; звездочка указывает необязательные линии.

странение для подключения жестких НМД (усовершенствованный вариант стандарта SA1000).

Передача сигналов осуществляется по функционально разделенным линиям связи, при этом лог. 1 соответствует низкий уровень, лог. 0 — высокий.

Линии интерфейса реализованы в двух отдельных кабелях: линии управляющих сигналов — в кабеле 3, линии обмена данными и ответных сигналов — в кабеле 2.

Линии электропитания и заземления реализованы в отдельных кабелях, 1 и 4 соответственно.

2. Логическая организация. Линии кабеля 3 интерфейса приведены в табл. 3.39, а кабеля 2 в табл. 3.40.

Т а б л и ц а 3.40. Линии сигналов обмена данными и ответа ИМД-М. Соединитель X2

Наименование	Обозначение	Контакт
<i>От контроллера</i>		
+ Данные записи	+ДЗП	13
— Данные записи	—ДЗП	14
<i>От накопителя</i>		
Накопитель выбран	НВН	01
+ Данные воспроизведения	+ДВС	17
— Данные воспроизведения	—ДВС	18
Кабель установлен	КУ	07
<i>Другие</i>		
Земля	—	02, 04, 08, 11, 12, 15, 16, 19, 20
Запасной	—	03, 05
Резервный	—	09, 10

* Необязательная линия.

Максимальное число подключаемых к одному контроллеру накопителей — четыре. Накопители подключаются к контроллеру по схеме последовательного или радиального интерфейса. При последовательном соединении согласователь кабеля устанавливается только на последнем накопителе, при радиальном — на каждом накопителе.

Управляющие сигналы разделяются на следующие группы: сигналы выбора накопителей и головки (ВН1...ВН4; ВГ1, ВГ2, ВГ4); сигналы управления перемещением магнитной головки (НПР, ШАГ); сигналы, управляющие операциями записи и воспроизведения (ЗПС, УТЗ, +ДЗП/—ДЗП; +ДВС/—ДВС); сигналы указания состояния накопителя (НГТ, НВН, ИНД, Д00, ОЗП, ПЗН).

Сигналы ВН1...ВН4 (лог. 1) используются для выбора в каждый

момент времени одного накопителя. Сигналы ВГ1, ВГ2, ВГ4 (лог. 1) осуществляют выбор головок записи/воспроизведения выбранного накопителя, адрес которых задается в двоичной форме.

Сигнал ННР определяет перемещение магнитной головки, если по линии ШАГ подаются импульсы для перемещения. При лог. 1/лог. 0 на линии ННР головка перемещается к/от центру диска. Сигнал ШАГ (импульс от 2 до 10 мкс) управляет перемещением магнитной головки на одну дорожку.

Сигнал ЗПС позволяет осуществлять запись (лог. 1) или воспроизведение (лог. 0) данных, а также с помощью сигнала ШАГ осуществлять позиционирование головок на новом адресе. Сигнал УТЗ (необязательный) используется для уменьшения тока записи при записи на внутренних дорожках, начиная с дорожки, указанной для конкретного типа НМД.

Сигналы ДЗП представляют собой дифференциальную пару и определяют переходы, которые должны быть записаны на диск. В случае модифицированного фазового метода (МФМ) кодирования необходимо предварительно проводить фазовую компенсацию (для опережающих и запаздывающих битов).

Сигналы ДВС представляют собой дифференциальную пару и определяют переходы, вызывающие изменения магнитного потока (возбуждается по одному импульсу длительностью не менее 25 нс).

Сигнал НГТ в состоянии лог. 1 (вместе с сигналом ПЗН) означает готовность для записи, воспроизведения и поиска и действительность входных/выходных сигналов. При лог. 0 на линии НГТ запрещены запись, воспроизведение и поиск. Сигнал НВН активируется контроллером.

Сигнал ИИД вырабатывается при каждом обороте накопителя для указания начала дорожки (импульс длительностью не менее 150 мкс).

Сигнал Д00 идентифицирует нахождение магнитной головки на дорожке 00.

Сигнал ОЗП идентифицирует причины, вызывающие неправильную запись на диске. При его наличии запись и позиционирование запрещены.

Сигнал ПЗН (лог. 1) вырабатывается при достижении головкой выбранной дорожки в конце поиска. Линия ПЗН по получении первого импульса ШАГ устанавливается в лог. 0 с задержкой не более 11 мкс относительно его фронта.

3. Функциональная организация. Особенности функциональной организации связаны с подачей импульсов ШАГ, осуществляемой в нормальном, алгоритмическом и буферном режимах.

В нормальном режиме магнитная головка перемещается со скоростью поступающих импульсов, период следования которых должен быть не менее 3 мкс.

В алгоритмическом режиме (необязательном) генерируемые импульсы обеспечивают разгон двигателя в начале поиска с небольшой скоростью, затем достижение максимальной скорости и ее замедление недалеко от заданной дорожки.

В буферном режиме (необязательном) вырабатываемые в контроллере импульсы (период их следования лежит в диапазоне от 25 до 200 мкс) запоминаются в накопителе, а перемещение головок осуществляется автономно.

4. Физическая реализация. Линии управления и обмена данными выполняются на основе витых пар или плоского кабеля с волновым сопротивлением 130 ± 20 Ом и 100 ± 15 Ом соответственно,

Линии согласуются со стороны приемного конца. Согласующие элементы устанавливаются на входах приемников интерфейса. Длина линии связи — не более 6 м.

Передачики управляющих сигналов — схемы ТТЛ с открытым коллектором типа SN7438N или аналогичные, допускающие ток не менее 40 мА и имеющие прямое напряжение не более 0,4 В при токе 40 мА. Приемники сигналов — схемы ТТЛ типа SN74LS или аналогичные со следующими параметрами: $0 \text{ В} < U_{\text{вых}} < 0,4 \text{ В}$ при $I_{\text{вых}} = 40 \text{ мА}$; $2,5 \text{ В} < U_{\text{вых}} < 4,5 \text{ В}$ при $I_{\text{вых}} = 250 \text{ мкА}$. Дифференциальные передатчики и приемники — типа AM26LS31 и AM26LS32 или аналогичные.

Рекомендуемые соединители — X1...X4.

	<i>Кабель</i>	<i>Накопитель</i>
X1	AMP 62147-1	AMP P/N 61761-2
X2	DS 665BFS20	DS 665BEB20
X3	DS 665BFS34	DS 665BEB34
X4	AMP 350547-3	AMP 350827-1

Допускается использование других соединителей, но с сохранением расположения линий сигналов и земли, указанных в табл. 3.39 и 3.40.

3.7.5. Интерфейс ИГМД

1. Общие сведения. Интерфейс ИГМД распространяется на однодисковые и двухдисковые накопители на одностороннем и двухстороннем гибком МД диаметром 130 и 200 мм, предназначенные для работы в составе комплексов ЕС и СМ ЭВМ. Интерфейс ИГМД не совместим с интерфейсами по НМ МПК по ВТ 12—78 и ММ СМ ЭВМ 010—77. Передача сигналов осуществляется по функционально разделенным линиям связи, при этом лог. 1 соответствует низкий уровень, а лог. 0 — высокий.

Максимальное число ИГМД, подключаемых к одному контроллеру, равно четырем. Подключение ИГМД к контроллеру осуществляется по магистральной или радиальной схеме. Все ИГМД можно эксплуатировать с нормальной или удвоенной плотностью записи.

2. Логическая и функциональная организация. Перечень линий интерфейса приведен в табл. 3.41.

Сигналы управляющие выбором при лог. 1 (ВН1...ВН4), позволяют передавать сигналы интерфейса между контроллером и выбранным одним накопителем. Сигналы по линиям МВК, НЗН и УБЛ передаются независимо от сигналов ВН. Сигнал ВДС служит в 200-миллиметровом двухдисковом ИГМД для выбора диска (при лог. 1 — МД2, лог. 0 — МД1). Сигнал ВПВ определяет, какая из поверхностей двухсторонних ИГМД будет использована: при лог. 1 — поверхность 1, при лог. 0 — поверхность 0.

Для выполнения операций, вызывающих перемещение магнитной головки, используются сигналы НПШ, ШАГ. Сигнал НПШ определяет направление перемещения магнитной головки. Сигнал ШАГ разрешает перемещение на одну дорожку. При лог. 1/лог. 0 на линии НПШ и наличии на линии ШАГ импульсов механизм позиционирования перемещает головку к/от центру диска.

Для выполнения операции записи и воспроизведения используются сигналы ЗГЛ, ЗПС, УТЗ, ДЗП, МВК, ЗЗП, ДВС. Сигнал

Т а б л и ц а 3.41. Линии интерфейса ИГМД

Наименование	Обозначение	200 мм			130 мм	
		ДД	ДС	ОС	ДС	ОС
От контроллера						
Выбор накопителя 1...4	ВН1... ...ВН4	+	+	+	+	+
Выбор диска	ВДС	+	0	0	0	0
Выбор поверхности	ВПВ	+	+	0	0	+
Направление шага	НПШ	+	+	+	+	+
Шаг	ШАГ	+	+	+	+	+
Загрузка головки	ЗГЛ	+	+	+	×	×
Запись	ЗПС	+	+	+	+	+
Данные записи	ДЗП	+	+	+	+	+
Управление током записи	УТЗ	+	+	+	0	0
Мотор включить	МВК	×	0	0	×	×
Управление блокировкой	УБЛ	×	×	×	×	×
От ИГМД						
Накопитель готов	НГТ	+	+	+	×	×
Индекс	ИНД	+	+	+	+	+
Дорожка 00	Д00	+	+	+	+	+
Защита записи	ЗЗП	+	+	+	+	+
Данные воспроизведения	ДВС	+	+	+	+	+
Замена диска	ЗДС	+	+	×	×	×
Двухсторонний диск	ДСД	×	+	0	0	0
Накопитель занят	НЗН	×	×	×	×	×

Примечание. ДД — двухдисковый; ДС — двухсторонний; ОС — односторонний; «+» — обязательный сигнал; 0 — неиспользованный сигнал; х — не-обязательный сигнал.

ЗГЛ применяется для прижатия магнитной головки к диску. Сигнал ЗПС активирует генератор тока записи и блокирует действие сигнала ШАГ. Сигнал УТЗ приводит к уменьшению тока записи, протекающего через магнитную головку во время операции записи, проводимой на внутренних дорожках диска. Сигнал ДЗП изменяет направление тока записи в обмотках магнитной головки. Сигнал МВК запускает электродвигатель привода гибкого диска. Сигнал ЗЗП указывает, что в выбранном ИГМД имеется признак защиты записи. Сигнал ДВС — серия импульсов, возбуждаемых при каждом изменении полярности магнитного потока.

Для передачи в контроллер информации о состоянии используются сигналы НЗП, НГТ, ИНД, Д00, ЗДС, ДСД, УБЛ. Сигнал НЗП указывает, что в ИГМД выполняется операция позиционирования или записи. Сигнал НГТ имеет лог. 1 при наличии следующих сигналов: ВН, правильность установки дисков, «закрыта дверца», обнаружение индексных импульсов выбранного диска. Сигнал ИНД по фронту надцирует начало дорожки. Сигнал Д00 указывает, что

дорожка 00 находится под головкой. Сигнал ЗДС означает, что в выбранном НМД были сняты условия сигнала НГТ, активируется/сбрасывается при поступлении/снятии следующего сигнала ВН. У двухдискового 200-миллиметрового НГМД сигнал ЗДС относится к выбранному сигналом ВДС диску. Сигнал ДСД означает, что вращается двухсторонний (лог. 1) или односторонний (лог. 0) диск. Сигнал УБЛ используется для блокировки двери и/или включения индикатора на передней панели НГМД.

3. Физическая реализация. Сигнальные линии выполняются кабелем на основе витых пар или плоским кабелем с волновым сопротивлением 130 ± 20 Ом, согласуются на входах приемников интерфейса. Длина линий связи не превышает 5 м. Передатчики — схемы ТТЛ с открытым коллектором, допускающие ток не менее 40 мА, приемники сигналов — любые схемы ТТЛ. Распределение сигналов указывается для конкретного типа соединителя.

3.8. ИНТЕРФЕЙСЫ НАКОПИТЕЛЕЙ НА МАГНИТНЫХ ЛЕНТАХ

3.8.1. Общая характеристика

Накопители на магнитных лентах (НМЛ) являются устройствами с последовательным доступом к информации, характеризующимися большой емкостью и временем доступа, меньшими по сравнению со скоростями обмена информацией в ИМД.

Наибольшее распространение получили ИМЛ на стандартной бобинной ленте, потоковые (ПНМЛ), кассетные со стандартными мини-кассетами (КИМЛ), типа «Картридж» (НМЛ-К).

Бобинные НМЛ используют ленту шириной 12,7 мм, запись по девяти дорожкам поперек ленты (8-разрядный байт плюс 1 контрольный бит), бобины диаметром 267 мм (длина 730 м), 216 мм (длина 365 м), 178 мм (длина 183 м).

Потоковые НМЛ применяются для загрузки и копирования целых файлов на стандартную ленту шириной 12,7 мм и поддержки ВЗУ на жестких НМД винчестерского типа.

Кассетные НМЛ используют ленту шириной 6,35 мм (длинной от 45 до 180 м), 2 или 4 дорожки, скорости движения от 0,25 до 2,2 м/с.

В стандартных КНМЛ применяются унифицированные ленты шириной 3,81 мм (длинной от 90 до 120 м); 1, 2 (типичное число) или 4 дорожки; плотность записи от 63 до 390 бит/мм.

Основные способы и соответствующие им плотности записи, используемые в настоящее время в НМЛ: без возврата к нулю (БНВ, БНВ-1) — до 32 бит/мм; фазовое кодирование и его модификация (ФК) — до 127 бит/мм; групповое кодирование (ГК) — до 246 бит/мм.

Основные тенденции в развитии НМЛ: увеличение числа моделей с записью способом ФК и ГК; развитие ПНМЛ, в том числе на кассетах с шириной ленты 6,35 и 3,81 мм.

В зависимости от скорости передачи, режимов обмена и организации НМЛ используются различные унифицированные интерфейсы (табл. 3.42), основные из которых рассматриваются в данном разделе.

Т а б л и ц а 3.42. Основные интерфейсы НМЛ

Тип НМЛ	Зарубежный	Отечественный
Бобинные	IBM 360/370	ИНМЛ, ИНМЛ-ФК/ГК
Типа «Картридж»	RS-232C, IEEE-488, QIC-02, IBM PC, Per-tec, Q-bus	ИНМЛ-К
Кассетные потоковые	IEEE-488, RS-449, QIC-02	ИНМЛ-П
Кассетные обычные	RS-232C, RS-422	ИКМЛ

3.8.2. Интерфейс ИНМЛ

1. Общие сведения. Интерфейс предусматривает: подключение от 1 до 4 НМЛ, при этом только один НМЛ может находиться в состоянии логической связи с УУ; выполнение записи данных при движении ленты вперед с одновременным контрольным воспроизведением; воспроизведение данных при движении ленты вперед и назад; перемотку ленты до маркера начала ленты; работу одним из способов записи БВН-1 или ФК; перевод НМЛ в режим местного управления; передачу сигналов по функционально разделенным линиям связи.

2. Логическая и функциональная организация. Условные обозначения и наименования сигналов интерфейса приведены в табл. 3.43.

В интерфейсе обеспечивается *радиальное* подключение НМЛ к УУ. Выбор НМЛ производится при совпадении его программного номера с номером возбужденного сигнала ВБР. УУ декодирует адрес НМЛ и возбуждает сигнал на одной из четырех линий ВБР для логического подключения выбранного НМЛ к УУ. Программный номер НМЛ устанавливается при подготовке его к работе и может быть изменен.

Сигнал УМУ используется для перевода НМЛ в режим местного управления, при этом все режимы, выполнявшиеся НМЛ в момент приема сигнала УМУ (кроме перемотки), должны быть сброшены. Сигнал УМУ, принятый НМЛ во время перемотки МЛ, переводит НМЛ в режим подготовки ленты к снятию (разгрузке), если этот режим предусмотрен в НМЛ. В противном случае НМЛ переходит в режим местного управления и завершает перемотку остановом на маркере начала ленты.

Для выполнения операций, связанных с *движением ленты*, используются сигналы УДВ, УДН, УВС. Сигнал УДВ/УДН вызывает движение ленты в прямом/обратном направлении на время действия сигнала. Сигнал УВС, принятый НМЛ при отсутствии сигналов УДВ и УДН, устанавливает режим перемотки ленты. Операция заканчивается остановкой ленты на маркере начала ленты.

Для выполнения *операции записи и воспроизведения* используются сигналы УСЗ, ИСЗ, СТЗ, УБВН, УНУ, УПЗ. Сигнал УСЗ переводит НМЛ в состояние записи, выдается УУ только при отсутствии сигнала СЗЗ. Установленное в НМЛ состояние записи сбрасывается при приеме от УУ сигналов УДВ или УДН (без пред-

Т а б л и ц а 3.43. Линии интерфейса ИНМЛ

Обозначение	Назначение
<i>Из УУ в НМЛ</i>	
ВБР0...ВБР3	Выбор НМЛ
УМУ	Установка местного управления
УДВ	Установка движения вперед
УДН	Установка движения назад
УВС	Установка высокой скорости
УСЗ	Установка состояния записи
УБВН	Установка БВН
ШЗ0...ШЗ7, ШЗК	Информационные сигналы записи
ИСЗ	Импульс сопровождения записи
СТЗ	Сброс триггеров записи
УНУ	Установка низкого уровня ограничения
УПЗ	Установка перезаписи
<i>Из НМЛ в УУ</i>	
СДУ	Состояние дистанционного управления
СГТ	Состояние готовности
СЗЗ	Состояние защиты записи
СБВН	Состояние БВН
СВС	Состояние высокой скорости
СНЛ	Состояние начала
СКЛ	Состояние конца ленты
ПМС	Признак модели по скорости
ПМП	Признак модели по перезаписи
ПМЗ-1	Признак модели по записи 1
ПМЗ-2	Признак модели по записи 2
ССД	Сигнал скорости движения
ШВ0...ШВ7, ШВК	Информационные сигналы воспроизведения

шествующего сигнала УСЗ) и сигнала УВС, а также при переводе НМЛ в режим местного управления. Сигнал ИСЗ используется для приема и выравнивания данных при выполнении операций записи. Сигнал СТЗ применяется для перевода триггеров записи в исходное состояние, а также для отключения тока в головках записи и стирания при выполнении операции перезаписи. Сигнал УБВН осуществляет перевод НМЛ, имеющих комбинированную аппаратуру для работы способами БВН-1 и фазового кодирования (ФК), на работу способом БВН-1. Он выдается УУ только при отсутствии признака ПМЗ-1 и наличии признака ПМЗ-2. Сигнал УПЗ переводит НМЛ в режим перезаписи информации. Он выдается УУ только при наличии ПМП и совместно с сигналом УСЗ с теми же временными соотношениями.

Данные передаются из УУ в НМЛ байтами по линиям записи (по 8 линиям — данные, по 9-й — контрольный бит).

Строка циклического контроля CRC записывается, как обычный информационная строка. Строка продольного контроля LRC записывается сигналом СТЗ при отсутствии сигналов ИСЗ и ШЗ.

Для передачи в контроллер информации о состоянии НМЛ используются сигналы СДУ, СГТ, СЗЗ, БВН, СБВН, СВС, СНЛ, СКЛ.

Сигнал СДУ указывает, что программный номер данного НМЛ совпал с номером принятого сигнала ВБР и НМЛ находится в состоянии логической связи с УУ. Сигнал разрешает в НМЛ прием и передачу всех интерфейсных сигналов, кроме сигналов выбора. Сигнал СГТ сообщает, что НМЛ готов к работе и не выполняет при этом перемотку или загрузку ленты. Сигнал СЗЗ информирует о том, что в НМЛ установлена катушка с лентой, не имеющая кольца разрешения записи. Сигналы БВН и СБВН сообщают о том, что НМЛ, имеющий комбинированную аппаратуру, переведен на работу способом БВН-1, НМЛ может быть переведен на работу способом БВН-1 только при нахождении ленты на маркере начала ленты и должен сохранять это состояние вплоть до момента перехода в режим местного управления. Сигнал СВС информирует о том, что НМЛ выполняет перемотку ленты, и должен выдаваться НМЛ не позднее чем через 1 мкс после приема сигнала УВС. Сигнал СВС снимается НМЛ после остановки ленты на маркере начала ленты. Сигнал СНЛ указывает, что лента находится на маркере начала ленты. Сигнал СКЛ сообщает о том, что лента находится на маркере конца ленты или маркер конца ленты был пройден при движении вперед. Сигнал снимается НМЛ после прохождения маркера конца ленты при движении назад. Для описания признаков модели используются сигналы ПМС, ПМП, ПМЗ-1, ПМЗ-2.

Сигнал ПМС информирует о том, какая из двух используемых в конкретном УУ скоростей движения ленты является номинальной для выбранного НМЛ (лог. 1 соответствует более высокому значению скорости). Сигнал ПМП сообщает о том, что в НМЛ имеется аппаратура для реализации режима перезаписи. Сигналы ПМЗ-1, ПМЗ-2 информируют о том, какая аппаратура записи-воспроизведения имеется в выбранном НМЛ. Возможны следующие комбинации сигналов (для способов записи-воспроизведения):

ПМЗ-1	ПМЗ-2	Способ
0	0	БВН-1
1	0	ФК
0	1	БВН-1/ФК

Сигнал ССД сообщает текущее значение скорости движения в пройденном лентой расстоянии. НМЛ выставляют ССД при отсутствии сигналов УДВ и УДН. Сигнал ССД выдается НМЛ импульсами до момента достижения лентой номинальной скорости и прохождения минимальной (при воспроизведении) или номинальной (при записи) дистанции разгона.

Сигналы ШВ0...ШВ7, ШВК служат для передачи из НМЛ в УУ данных, воспроизведенных с МЛ: 8 — для данных и 1 — для контрольного бита.

3. Физическая реализация. Линии связи согласуются со стороны приемного конца. Согласующие элементы устанавливаются на входах приемников интерфейса. Длина кабеля на основе витых пар — до 6 м. **Передачики** — ИМС ТТЛ с открытым коллектором (или

транзистор), допускающие ток не менее 30 мА и имеющие прямое падение напряжения при токе 30 мА не более 0,4 В. Приемники — любые ИМС ТТЛ.

3.8.3. Интерфейс ИНМЛ-П

1. Общие сведения. Интерфейс обеспечивает возможность подключения к УУ от 1 до 8 ПНМЛ, при этом только один НМЛ находится в состоянии логической связи с УУ.

Т а б л и ц а 3.44. Линии интерфейса ПНМЛ

Обозначение	Назначение
<i>Из УУ в НМЛ</i>	
ВБР0...ВБР2	Выбор ПНМЛ
УДИСТ	Установка дистанционного управления
УНЗД	Установка назад
УПРМ	Установка перемотки
УПИР	Установка перемотки и разгрузки
УРАЗР	Установка разрешения ПНМЛ
УВК	Установка ввода команды
УСЗ	Установка состояния записи
УСТИР	Установка состояния стирания
УЗМЛ	Установка записи маркера ленты
УПЗ	Установка перезаписи
УКЗ	Установка конца записи
УДМЗП	Установка длинного межзонального промежутка
УВС	Установка высокой скорости
УВП	Установка высокой плотности
ШЗ-0...ШЗ-7, ШЗ-К	Шины записи
<i>Из НМЛ в УУ</i>	
СДИСТ	Состояние дистанционного управления
СГТВ	Состояние готовности, перемотки
СПРМ	Состояние перемотки
СНЛ	Состояние начала ленты
СКЛ	Состояние конца ленты
МЛ	Маркер ленты
УЗАН	Устройство занято
ДЗАН	Устройство занято для данных
СЗЗ	Состояние защиты записи
СВС	Состояние высокой скорости
ИДЕНТ	Идентификатор
СБОИ	Сбой ПНМЛ
НКРОШ	Некорректируемая ошибка
КОРОШ	Корректируемая ошибка
ИСЗ	Импульсы сопровождения записи
ИСВ	Импульсы сопровождения воспроизведения
ШВ-0...ШВ-7, ШВ-К	Шины воспроизведения

П р и м е ч а н и е. Сигналы УВП, УДИСТ необязательны для ПНМЛ.

Интерфейс предусматривает: выбор одного из подключенных ПНМЛ; запись данных с одновременным контрольным воспроизведением или воспроизведение данных при движении ленты вперед с малой/большой скоростью; перемотку ленты до маркера начала ленты; работу по способу ФК согласно стандарту МОС 3788.

Сигналы передаются по функционально разделенным линиям, лог. 1/0 соответствует низкий/высокий уровень сигнала.

2. Логическая организация. Условные обозначения и наименование сигналов приведены в табл. 3.44.

Интерфейс обеспечивает магистральное подключение ПНМЛ или комбинации ПНМЛ и старт-стопных НМЛ при помощи линий ВВР0...ВВР2.

Программный номер ПНМЛ устанавливается при его подготовке к работе и может быть изменен при реконфигурации.

3. Функциональная организация. Сигналы выбора осуществляют логическое подключение ПНМЛ к УУ. Сигнал УДИСТ вызывает перемотку ленты (если она заправлена и не находится на маркере начала), после чего устанавливает сигнал «дистанционно». Сигнал УРАЗР разрешает выполнение команды ПНМЛ. Его снятие блокирует интерфейс и деактивирует УЗАН, ДЗАН, но не прерывает перемотки ленты, разгрузки и установки дистанционного управления. Сигнал УПРМ вызывает перемотку ленты до маркера начала, если ПНМЛ находится в состоянии «дистанционно». Сигнал УВК своим срезом импульса вводит синхронные кодированные и некодированные команды в выбранный ПНМЛ, находящийся в состоянии готовности. Одновременно устанавливается состояние ПНМЛ «занято». Сигналы УДИСТ, УПРР, УПРМ не вызывают перехода ПНМЛ в состояние УЗАН.

Синхронные некодированные команды УВС, УВП, УДМЗП вводятся УВК. Сигнал УВС означает высокую скорость движения ленты. Если УВС — лог. 0, устанавливается скорость движения для высокой плотности. Сигнал УВП одновременно с командой записи задает высокую плотность 126 бит/мм при ФК и соответствующую скорость. Сигнал УДМЗП одновременно с командой записи формирует после окончания записи зоны длинный межзонный промежуток, заточенный в ПНМЛ.

Синхронные кодированные команды вводятся срезом сигнала УВК в соответствии со значением лог. 0/1 интерфейсных линий УНЗД, УСЗ, УЗМЛ, УПЗ, УСТИР:

Команда	УНЗД	УСЗ	УЗМЛ	УПЗ	УСТИР
Воспроизведение вперед	0	0	0	0	0
Воспроизведение назад (нормальное)	1	0	0	0	0
Воспроизведение назад (для перезаписи)	1	0	0	1	0
Запись	0	1	0	0	0
Перезапись	0	1	0	1	0
Запись маркера МЛ	0	1	1	0	0
Стирание с переменной длиной	0	1	0	0	1
Стирание с фиксированной длиной	0	1	1	0	1
Шаг вперед	0	0	0	0	1
Шаг назад	1	0	0	0	1
Поиск маркера МЛ вперед с	0	0	1	0	0

данными					
Поиск маркера МЛ назад с	1	0	1	0	0
данными					
Поиск маркера МЛ вперед без	0	0	1	0	1
данных					
Поиск маркера МЛ назад без	1	0	1	0	1
данных					
Стирание МЛ до конца	0	1	1	1	1
Выбор 126 бит/мм и 1,27 м/с	1	0	1	1	1

При командах воспроизведения лента ускоряется до рабочей скорости и производится чтение первого блока, а следующая запись выполняется при наличии новой команды во время задержки для подновления команды, что обеспечивает воспроизведение без остановки в межзонном промежутке. Операции записи и перезаписи также могут быть выполнены без остановки ленты в межзонном промежутке.

По шинам ШЗ-0...ШЗ-7, ШЗ-К передаются 8 бит данных и 1 бит контроля, записываемых соответственно по дорожкам 7, 6, 5, 3, 9, 1, 8, 2, 4 (2⁷...2⁰, К). Сигналы состояния информируют о состоянии ПНМЛ. Сигнал УЗАН означает, что ПНМЛ выполняет любую команду. Сигнал ДЗАН действует после установки рабочей скорости при записи дополнительно при прохождении межзонного промежутка и сбрасывается после окончания операции в зоне. Сигнал запрещает подачу новой команды. Сигнал СГТВ сообщает о том, что ПНМЛ готов и не выполняет автономные операции. Сигнал СПРМ указывает, что лента выполняет перемотку. При установке он сбрасывает сигнал СГТВ. Сигнал СДИСТ информирует о том, что ПНМЛ находится в состоянии «дистанционно». Сигналы СНЛ, СЛК, СЗЗ, СВС соответствуют наименованию состояния. Сигнал НКРОШ сообщает о том, что во время операции (записи или воспроизведения) произошла ошибка от пропадания информации более чем на одной дорожке при воспроизведении, неправильной четности, неформатной начальной и конечной серпн. Сигнал КРОШ указывает, что при воспроизведении произошла ошибка и она корректируется. При воспроизведении после записи сигнал информирует о необходимости перезаписи записанного блока. Сигнал действует при ДЗАН-1. Сигнал СБОИ определяет сбой в ПНМЛ. Сигнал ИСЗ указывает, что информация записана и ожидается следующие данные. Сигнал ИСВ означает, что на шинах информация воспроизведения.

По шинам ШВ-0...ШВ-7, ШВ-К передается байт данных воспроизведения.

4. Физическая реализация. В интерфейсе используются сигналы ТТЛ-уровня. Согласующие резисторы: 220 Ом на +5 В, 330 Ом на землю. Уровни сигналов: лог. 1 — от 0 до 0,5 В, лог. 0 — от 2,42 до 5 В.

В качестве соединителей рекомендуются два 39-контактных соединителя косвенного контактирования типа 22-39 TGL 29331/04-9. Распределение линий по контактам соединителей X_A, X_B дано в табл. 3.45.

3.8.4. Интерфейс ИНМЛ-К

1. Общие сведения. Интерфейс обеспечивает возможность подключения НМЛ, осуществляющих серпантинную запись и воспроизведение информации на МЛ шириной 6,3 мм в кассете типа «Картридж».

**Т а б л и ц а 3.45. Распределение линий интерфейса ПНМЛ
по контактам соединителей**

Контакт	X _A	X _B
1A/1B	ШЗ-6/Э ШЗ-6	ШВ-7/Э ШВ-7
1B/1C	Э ШЗ-7/ШЗ-7	Э ШВ-6/ШВ-6
2A/2B	ШЗ-4/Э ШЗ-4	ШВ-5/Э ШВ-5
2B/2C	Э ШЗ-5/ШЗ-5	Э ШВ-4/ШВ-4
3A/3B	ШЗ-2/Э ШЗ-2	ШВ-3/Э ШВ-3
3B/3C	Э ШЗ-3/ШЗ-3	Э ШВ-2/ШВ-2
4A/4B	ШЗ-0/Э ШЗ-0	ШВ-1/Э ШВ-1
4B/4C	Э ШЗ-1/ШЗ-1	Э ШВ-0/ШВ-0
5A/5B	УРАЗР/Э УРАЗР	ШВ-К/Э ШВ-К
5B/5C	Э ШЗ-К/ШЗ-К	Э ИСВ/ИСВ
6A/6B	УПИР/Э УПИР	ИСЗ/Э ИСЗ
6B/6C	Э УКЗ/УКЗ	Э СВС/СЗЗ
7A/7B	УДМЗП/Э УДМЗП	СБОЙ/Э СБОЙ
7B/7C	Э УПРМ/УПРМ	
8A/8B	УСТИР/Э УСТИР	СКЛ/Э СКЛ
8B/8C	Э УВС/УВС	Э СНЛ/СНЛ
9A/9B	УЗМЛ/Э УЗМЛ	СЗЗ/Э СЗЗ
9B/9C	Э УПЗ/УПЗ	Э СПРМ/СПРМ
10A/10B	УНЗД/Э УНЗД	СДИСТ/Э СДИСТ
10B/10C	Э УСЗ/УСЗ	Э СГТВ/СГТВ
11A/11B	ВБР2/Э ВБР2	ЛМ/Э ЛМ
11B/11C	Э УВК/УВК	Э КОРОШ/КОРОШ
12A/12B	ВБР0/Э ВБР0	НКРОШ/Э НКРОШ
12B/12C	Э ВБР1/ВБР1	Э ИДЕНТ/ИДЕНТ
13A/13B	УИИСТ/Э УИИСТ	ДЗАН/Э ДЗАН
13B/13C	Э УВП/УВП	Э УЗАН/УЗАН

Примечание Э — эквив.

Интерфейс предусматривает выбор одного из подключенных ПНМЛ, запись с одновременным контрольным воспроизведением информации, воспроизведение и стирание ранее записанной информации, перемещение МЛ в исходное состояние, выбор дорожки на МЛ.

Сигналы передаются по функционально разделенным линиям, лог. 1/0 соответствует низкий/высокий уровень.

2. Логическая организация. Условное обозначение и наименование сигналов приведены в табл. 3.46.

Сигнал ВНК (лог. 1) логически подключает приемники (передатчики) накопителя к соответствующим линиям интерфейса и разрешает выполнение операций.

Выбор дорожки и выполняемые операции осуществляются в зависимости от кода на линиях ВД-3...ВД-0: 0000...1000 — дорожки 0...8; 110X и 111X — смещение блока магнитных головок от центра дорожки соответственно вниз и вверх, где X — значение на линии, соответствующее выбранной дорожке, т. е. лог. 0 — для 0, 2, 4, 6, 8 и лог. 1 — для 1, 3, 5, 7. Сигналы выбора сохраняются не менее 500 мкс.

3. Функциональная организация. Сигнал СБР перемещает блок маг-

Таблица 3.46. Линии интерфейса НМЛ типа «Картридж»

Обозначение		Назначение
русское	международное	
Из УУ в НМЛ		
ВНК	—DS	Выбор накопителя
СБР	—RST	Установка начального состояния
ВД-0... ...ВД-3	—(TK0...TK3)	Выбор дорожки
ДВН	—CO	Движение носителя
ДНЗ	—REV	Движение носителя назад
ВСК	—HSP	Высокая скорость
РСГ	—EEN	Разрешение стирания
РЗП	—WEN	Разрешение записи
—ДЗП	—WDA	Данные записи
+ДЗП	+WDA	Данные записи инвертированные
ВУО	—THR	Высокий уровень ограничения
ВКН	—HC	Выбор высококоэрцитивного носителя

Из НМЛ в УУ

НКВ	—SLD	Накопитель выбран
КУС	—CIN	Кассета установлена
ЭПР	—USF	Запись и стирание разрешены
МЛВ	—ROP	Импульсы данных воспроизведения
МЛВ	—UTH	Маркер ленты верхний
МЛН	—LTH	Маркер ленты нижний
ИТХ	—TCH	Импульсы тахометра

Примечание. Линии ВУО, ВКН являются необязательными.

выходных головок в исходное состояние. Длительность СБР — более 13 мкс.

Сигнал ВСК применяется в двухскоростных НМЛ, у которых высокая скорость не используется для операций записи/воспроизведения.

Сигналы ДВН, ДНЗ определяют движение НМЛ с соответствующей скоростью в соответствующем направлении: при лог. 0/1 — в прямом/обратном направлении.

Сигнал РСТ разрешает режим стирания всей ширины носителя при условии выбора дорожки 0.

Запись данных производится с плотностью 384 бит/мм при наличии сигнала РЗП.

Сигнал ВУО устанавливает уменьшенный коэффициент усиления при воспроизведении, может использоваться для определения качества записи.

Сигнал ВКН обеспечивает изменение характеристик каналов записи и воспроизведения для работы с высококоэрцитивными МЛ.

Для описания состояния НМЛ используются сигналы НКВ, КУС, ЭПР, МЛВ, МЛН. Сигнал НКВ является ответом на сигнал ВНК (в накопитель поданы напряжения питания). Сигнал КУС информирует о том, что кассета установлена. Сигнал ЭПР определяет готов-

ность к записи на носитель. Сигналы МЛВ и МЛН идентифицируют двоичным кодом нахождение МЛ в зонах: 11 — «начало ленты», 01 — «точка загрузки», 10 — «раннее предупреждение», 00 — «конец ленты».

Импульсы ИДВ передают данные воспроизведения с выбранной дорожки при условии перевода накопителя в состояние движения независимо от сигналов ДНЗ, ВСК, ЗПР. Импульсы ИТХ подтверждают состояние движения ленты. Расстояние, пройденное лентой между двумя соседними импульсами, нормируется в пределах 2,54... 5,08 мм. Состояние сигналов НКВ, ВД-1...ВД-3, ДВН, ДНЗ, КУС, МЛВ, МЛН контролируется накопителем с интервалом до 10 мс.

Сигналы управления вырабатываются в такой последовательности: блок головок перемещается на выбранную дорожку; устанавливается состояние маркеров ленты; выполняется управление движением. Сигналы не контролируются во время перемещения блока головок (не более 3 с), пуска носителя (0,3 с), останова носителя (не более 3 с.). Все сигналы состояния стробируются сигналом ВНК, при лог. 0 — останов носителя.

Канал воспроизведения обеспечивает безошибочное чтение при отклонении периода переходов потока максимум на 37 % от номинального значения. Канал не рассчитан на воспроизведение в направлении обратной записи.

Номинальная скорость движения ленты соответствует 2,29 м/с.

В интерфейсе электропитания параметры источников обеспечиваются на соединителе накопителя:

Наименование линии	Напряжение, В	Ток, А
+ 5 В	$+ 5 \pm 0,25$	1
+ 12 В	$+ 12 \pm 0,6$	2

Порядок включения/выключения произвольной. При пуске ленты допускается потребление тока до 4 А от источника +12 В при длительности пуска не более 300 мс.

4. Физическая реализация. Кабель в виде плоского кабеля или витых пар имеет длину до 1 м. Согласование линий осуществляется со стороны приемников резисторами 220 Ом (на +5 В) и 330 Ом (на землю).

Передатчики работают на два входа ТТЛ (и нагрузку согласователя).

3.8.5. Интерфейс ИКМЛ

1. Общие сведения. Интерфейс обеспечивает работу контроллера с КНМЛ, который использует любой способ записи, требующий для своей реализации не более двух дорожек записи. Информация поступает в КНМЛ и выдается из него в сформированном виде — в одинаковом для обоих направлений.

2. Логическая и функциональная организация. Условные обозначения и назначение линий интерфейса приведены в табл. 3.47.

Для подключения КНМЛ используются РЗВ, ВБР. Сигнал РЗВ означает резервирование КНМЛ с заданными логическими адресами. Если в КНМЛ используются прижимные ролики, сигнал РЗВ включает двигатель узла транспортирования ленты. Сигнал ВБР обеспечивает логическое подключение к контроллеру одного или нескольких КНМЛ, адреса которых получены и дешифрованы контроллером. Логический адрес КНМЛ определяется местом его расположения в ряду накопителей. Сигнал ВБР действует только на резервирован-

Т а б л и ц а 3.47. Линии интерфейса НКМЛ

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Из контроллера в КНМЛ .</i>		
Резервирование	РЗВ	Резервирование для работы адресуемых КНМЛ
Выбор	ВБР	Логическое подключение КНМЛ
Движение вперед/назад	ДВП, ДНЗ	Движение ленты в прямом, обратном направлении
Повышенная скорость	ПСК	Задание повышенной/номинальной скорости движения ленты
Перемотка	ПРМ	Задание операции перемотки ленты
Установить состояние записи	УСЗ	Разблокировка усилителей записи
Установить состояние воспроизведения	УСВ	Передача воспроизведенных данных
Шина записи 1, 2	ШЗ-1, ШЗ-2	Для записи по первой, второй дорожке
<i>Из КНМЛ в контроллер</i>		
Не готов	НГТ	Указание о неготовности КНМЛ к работе
Сторона кассеты Б	СКБ	Указание стороны загрузки кассеты
Запись запрещена	ЗПЗ	Указание о запрещении записи
Начало-конец ленты	НКЛ	Указание о прохождении маркеров
Кассета не загружена	КНЗ	Указание о движении ленты
Способ записи	СПЗ	Указание принятого способа записи
Шина воспроизведения 1, 2	ШВ-1, ШВ-2	Воспроизведение по первой, второй дорожке
Аналоговый сигнал	АНС	Ускоренный поиск зоны

ные КНМЛ, подавшие в контроллер лог. 0 по линии «Кассета не загружена», и разрешает поступление в контроллер следующих сигналов состояния КНМЛ: СПЗ, ЗПЗ, СКБ, НКЛ.

При выполнении операций, управляющих движением ленты, используются сигналы ДВП, ДНЗ, ПСК, ПРМ. Сигнал ДВП обеспечивает движение ленты с левого сердечника кассеты на правый при установке кассеты стороной А, а сигнал ДНЗ — в обратном направлении. Сигнал ПСК действует только при наличии сигналов ДВП или ДНЗ и подается после или одновременно с ними. Сигнал ПРМ инициирует операцию, которая проходит без участия контроллера и заканчивается при достижении физического начала ленты. В режиме перемотки магнитная головка может быть отведена. Комбинация сигналов ДВП, ДНЗ и ПСК может использоваться для организации

в КНМЛ режима поиска в прямом и обратном направлениях. Поиск может осуществляться с использованием шин воспроизведения и/или аналогового сигнала.

Сигналы УСЗ, УСВ, управляющие операциями записи и воспроизведения, поступают только в случае готовности КНМЛ.

Сигнал УСЗ обеспечивает запись, подается до ДВП и снимается только при появлении сигналов ПРМ, ПСК и ДНЗ, а также после остановки ленты. Сигнал УСЗ не возбуждается, если имеется сигнал ЗПЗ и выполняется движение назад и движение с повышенной скоростью. Сигнал УСВ обеспечивает считывание и передачу в сформированном виде данных в контроллер.

Сигналы НГТ, СКБ, ЗПЗ, НКЛ, КНЗ, СПЗ используются для информации о состоянии КНМЛ. Сигнал НГТ определяет неготовность КНМЛ к работе (не закрыта крышка, двигатель не разогнался, осуществляется операция перемотки). Сигнал СКБ при лог. 1 информирует о стороне Б загрузки кассеты. Сигнал ЗПЗ означает наличие в кассете вставки разрешения записи. Сигнал НКЛ информирует о работе на рабочем участке ленты (высокий уровень), о прохождении маркера (низкий уровень). Сигнал КНЗ указывает, что КНМЛ может быть переведен из состояния автономного управления в состояние управления со стороны контроллера, который может подать сигнал ВБР.

Сигналы ШЗ-1/ШЗ-2; ШВ-1/ШВ-2 являются информационными. Данные из контроллера в КНМЛ в зависимости от используемого способа записи могут передаваться по одной или двум шинам записи: при записи по одной дорожке применяется шина ШЗ-1, а запись по шине ШЗ-2 выполняется при перевороте кассеты (на стороне Б). Воспроизведение сигналов с одной дорожки осуществляется по шине ШВ-1, воспроизведение по второй дорожке — при установке кассеты стороной Б (при перевороте кассеты).

Аналоговый сигнал АПС может использоваться для ускоренного поиска зоны, осуществляемого на повышенной скорости движения ленты.

Линии питания КНМЛ: +5 В, силовая сеть, 0 логической сети, 0 силовой сети, 0 корпуса.

Глава 4

Стыки систем передачи данных

4.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

4.1.1. Основные понятия

Абонентский пункт (АП) — комплекс оборудования, предназначенный для связи удаленного пользователя с ЭВМ или другим абонентским пунктом посредством каналов связи.

Аппаратура передачи данных (АПД) — совокупность устройств, осуществляющих преобразования сигналов, установление физического соединения, некоторые функции защиты от ошибок и вспомогательные функции (например, контрольно-измерительные).

Аппаратура окончатая канала данных (АКД) — оборудование станции данных, обеспечивающее кодирование и преобразование сигналов между оконечным оборудованием данных (ООД) и линией связи.

АКД может быть отдельным устройством, встроенной частью ООД или промежуточного оборудования. АКД может также выполнять функции, отличные от тех, которые обычно выполняются на сетевом окончании линии связи.

Аппаратура телеграфная (ТГА) — аппаратура, предназначенная для образования и контроля телеграфной цепи.

К ТГА, например, относятся: вызывной прибор, коммутационная станция, каналообразующая аппаратура и аппаратура контроля телеграфных каналов, рассчитанные на использование только в местных телеграфных цепях.

Заголовок — начальная часть сообщения или пакета данных, содержащая информацию для цепей управления.

Защита от ошибок — процедуры уменьшения помех, возникающих при передаче и обработке данных.

Канал передачи данных — совокупность канала связи или физической линии связи и аппаратуры передачи данных.

Модем — устройство, состоящее из модулятора и демодулятора.

Мощность максимальная мгновенная — мгновенная мощность, которая может быть превышена с вероятностью не более заданного малого значения для индивидуальных сигналов $\epsilon = 10^{-3}$. **Мощность максимальная среднeminутная** — среднeminутная мощность, которая может быть превышена с вероятностью не более заданного малого значения $\epsilon = 10^{-3}$. **Мощность максимальная среднечасовая** — среднечасовая мощность, которая может быть превышена с вероятностью не более заданного малого значения $\epsilon = 10^{-3}$. **Мощность максимальная эквивалентная** — эффективная мощность синусоидального сигнала, амплитудное значение напряжения (мощности) которого равно максимальному мгновенному напряжению (мощности) исследуемого сигнала. **Мощность мгновенная** — мощность сигнала в отдельные моменты времени.

Мультиплексор передачи данных (МПД) — устройство, предназначенное для подключения к ЭВМ нескольких абонентских пунктов и/или другой (других) ЭВМ через каналы передачи данных и обеспечивающее одновременную работу с ними под управлением ЭВМ.

Оконечное оборудование данных — часть станции данных, служащая или источником, или получателем данных, или тем и другим вместе.

Пакет — битовая последовательность фиксированного формата, которая содержит данные и управляющую информацию, передается и коммутруется в сети передачи данных как единое целое.

Постоянный виртуальный канал — совокупность средств, закрепляемая постоянно за двумя ООД с целью осуществления между ними обмена пакетами данных при сохранении целостности и последовательности передаваемых пакетов.

Сеть передачи данных — совокупность каналов передачи данных и коммутационного оборудования для установления соединения между ООД.

Сигналы взаимодействия — сигналы, которые передаются на абонентских участках в процессе установления и разъединения соединения.

Устройство автоматического вызова (АВУ) — устройство, выра-

батывающее сигналы автоматического вызова одной станции со стороны другой.

Устройство защиты от ошибок (УЗО) — устройство, уменьшающее влияние ошибок, возникающих при передаче данных.

Устройство преобразования сигналов (УПС) — устройство, обеспечивающее прямое и/или обратное преобразование сигналов данных в вид, пригодный для передачи по каналу связи.

Участок сети абонентский — участок телеграфной сети от оконечной установки до коммутационной станции.

Цепь местная информационная — цепь, служащая для сопряжения ТГА или АПД внутри здания и не имеющая непосредственного соединения с внешними линиями.

Местные информационные цепи разделяются на однополюсные и двухполюсные. Местная двухполюсная информационная цепь включает в себя выходное и входное устройства, цепь «передаваемые (принимаемые) данные» и цепь «сигнальное заземление» или обратный провод.

4.1.2. Развитие стандартизации

Развитие систем передачи данных (СПД) шло в тесной взаимосвязи с развитием вычислительной техники и техники связи, с процессами объединения и слияния этих двух технических направлений. Для начального этапа развития этих процессов характерно создание самостоятельных СПД (систем off-line), взаимосвязь которых с оборудованием обработки данных осуществлялась с помощью оператора методом «отрыва ленты». В таких системах требовался лишь интерфейс между УПС и каналами связи и в некоторых случаях, при использовании конструктивно-самостоятельных УЗО, — интерфейс между УПС и УЗО.

Следующий этап привел к созданию систем телеобработки данных (СТД) (систем on-line), содержащих взаимосвязанные и взаимодействующие компоненты: ЭВМ с программным обеспечением; АПД (в последующем процессоры телеобработки данных (ПТД)); АПД в составе УПС, АБУ, УЗО и некоторые вспомогательные устройства; процедуры (протоколы) управления передачей данных.

Структура типовой СТД, типы и места расположения использовавшихся в ней интерфейсов (стыков) показаны на рис. 4.1. В СТД защита передаваемых данных от ошибок осуществляется в большинстве случаев программными средствами ЭВМ и частично — в АПД (ПТД), а на стороне АП — программными или аппаратными средствами устройства управления АП. И лишь в некоторых случаях межмашинного обмена данными, требующих повышенной достоверности данных, продолжают использоваться конструктивно-самостоятельные УЗО.

К основным объектам стандартизации в таких СТД относятся: стыки (интерфейсы) АПД с каналами связи (стыки С1); АПД с оборудованием обработки данных (стыки С2); АПД с УЗО (стыки С3) и со вспомогательным оборудованием контрольно-измерительным, обслуживающим и др.); процедуры (протоколы) установления и разъединения физических соединений и логических звеньев данных; процедуры (протоколы) управления обменом данными в звеньях данных.

Работы по стандартизации указанных объектов начались во многих странах и организациях почти одновременно — в начале 60-х годов: в рамках МОС был организован технический комитет ТК97 «Системы обработки информации» и подкомитет ПК6 «Передача

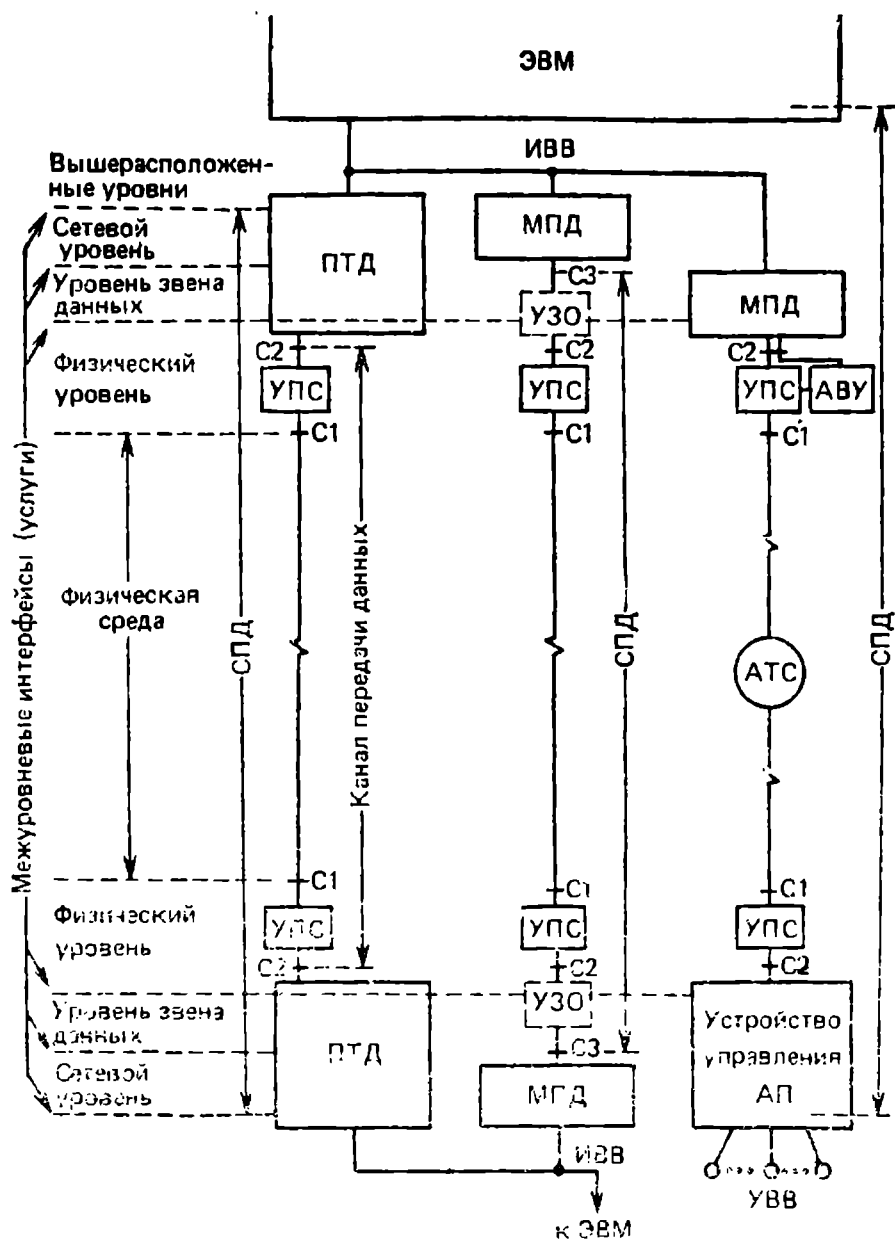


Рис. 4.1. Структура типовой СТД со стыками СПД

данных»; в рамках МККТТ — целевая исследовательская комиссия ИКА для изучения вопросов передачи данных по телефонным сетям; многие международные объединения и национальные организации по стандартизации также развернули работы в этой области. Первыми результатами этой деятельности стали стандарты EIA (RS-232, RS-449 и др.) и рекомендации МККТТ серии V (V.24, V.28 и др.) по физическим интерфейсам.

В начале 70-х годов в МККТТ вместо ИКА была сформирована ИКВН «Сети данных общего пользования» по исследованию способов создания служб связи, специально ориентированных на передачу данных. Результатами ее деятельности стали рекомендации серии X: X.21, X.25 и др.

Первыми результатами работ МОС/ТК97/ПК6 стали международные стандарты (МС) по байториентированным протоколам звена данных (МС 1745, 2111, 2628 и 2629). Эти стандарты создавались с учетом параллельных разработок, проводившихся в ЕСМА (стандарты ЕСМА-16, -24, -26, -27, -28, -29, -37), в ANSI (стандарт X.3.16-66), а также фирмой IBM (протокол BSC).

Начиная с 70-х годов ПК6 проводит разработку стандартов по новому единому для всех типов звеньев данных байториентированному протоколу управления звеном данных HDLC. Результатом этой работы стали МС 3309, 4335, 7478, 7776, 7809, 8471, 8885 и 8886. Эти стандарты создавались также с учетом результатов деятельности других национальных и международных организаций: IBM (протокол SDLC), ANSI (стандарт X3.28-76 по протоколу ADCCP), ЕСМА (протокол HDLC) и МККТТ (протокол LAPB X.25).

В последние годы ПК6 разработал с учетом и в развитие рекомендаций серий V и X МККТТ ряд МС: 7480, 8480, 8481, 8482 и ПМС 9067 по интерфейсам между АПД и физической средой, АПД и ООД, интерфейсам ООД—ООД и интерфейсам с цифровыми сетями ISDN (ПМС 8877).

Самостоятельные СПД, в которых на первых этапах реализовывались методы коммутации каналов и коммутации сообщений, постепенно перерастали в сети передачи данных. Сети передачи данных получили более широкое распространение с созданием и внедрением метода коммутации пакетов данных. Основным объектом стандартизации в таких сетях стал интерфейс между сетью передачи данных и ООД. Рекомендация X.25 МККТТ определила такой интерфейс как интерфейс между ООД и АКД.

С разработкой уровней архитектуры вычислительных сетей в эталонной модели взаимосвязи открытых систем (ВОС) (см. § 1.3) все упомянутые выше функции систем и сетей передачи данных были распределены по трем нижним уровням эталонной модели: физическому, звена данных и сетевому. Условное расположение этих уровней и межуровневых интерфейсов в СПД показано на рис. 4.1. Условность расположения обусловлена тем, что стыки С1, С2 и С3 не всегда однозначно вписываются в уровни эталонной модели. Например, только 9 из 39 цепей стыка С2 можно рассматривать как цепи физического уровня, остальные, по существу, относятся к управлению физической средой.

Основными объектами стандартизации в рамках ВОС стали равноуровневые протоколы взаимодействия различных систем и межуровневые интерфейсы внутри одной системы. Разработка соответствующих стандартов ведется параллельно в рамках МОС, МККТТ и ЕСМА при достаточно тесном взаимодействии этих организаций и взаимной преемственности результатов работ. В частности, наряду с созданием собственных стандартов по интерфейсам сетевого уровня (МС 8348, 8473) МОС восприняла также рекомендацию X.25 МККТТ в виде собственных стандартов МС 8208, ПМС: 8472, 8878, 8881, 8882. С другой стороны, МККТТ наряду с рекомендацией X.25 разработал рекомендацию X.213 по услугам сетевого уровня ВОС, которая обладает полной технической совместимостью с МС 8348 МОС. На основе проекта рекомендации X.211 МККТТ в МОС начата разработка аналогичного стандарта по услугам физического уровня.

В ЕСМА в последние годы разработан ряд стандартов (ЕСМА-102, -103, -104, -105, -106) по интерфейсам между ООД и сетями коммутации каналов частного пользования.

Органами МПК по ВТ (СГК ЕС ЭВМ, СГК СМ ЭВМ, Секциями

специалистов) проведены работы по стандартизации протоколов и услуг различных уровней архитектуры, прежде всего трех нижних, охватываемых сетями передачи данных (НМ МПК по ВТ: 54-82, 72-83, 73-84, 92-86, проекты СТ СЭВ).

В СССР разработан довольно широкий круг государственных стандартов по стыкам С1, С2, С3, стыкам АПД и ООД со вспомогательной аппаратурой, по сопряжениям оконечных установок с сетями связи и передачи данных (АТ-50, ПД-200), по взаимодействию ООД с сетями коммутации пакетов данных. С завершением разработки основных международных стандартов и рекомендаций по протоколам и услугам эталонной модели ВОС в СССР планируется разработка соответствующих ГОСТов.

Перечень стандартов и рекомендаций по интерфейсам и протоколам систем и сетей передачи данных приведен в приложении 2.

4.2. СТЫКИ С1

4.2.1. Классификация

Стыки С1 классифицируются в зависимости от типов каналов связи по следующим категориям: С1-ТГ — для телеграфных каналов связи, С1-ТФ — для коммутируемых телефонных каналов связи, С1-ТЧ — для некоммутируемых каналов связи тональной частоты, С1-ТЧР — для радиоканалов тональной частоты, С1-ПГ — для ведомственных предгрупповых каналов связи, С1-ШП — для первичных широкополосных каналов связи, С1-ФЛ — для физических линий связи, С1-АК — для акустического сопряжения АПД с каналами связи, С1-ОД — для волоконно-оптических линий связи.

Стандарты, регламентирующие стыки С1, приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Стандарты по стыкам С1

Стык С1	ГОСТ	Рекомендация МЭК/ИТТ, стандарт МОС
С1-ТГ	22937—78	—
С1-ТФ	25007—81, 23504—79, 26557—85	V.2, V.21, V.23, V.27тер, V.50, V.53
С1-ТЧ	25007—81, 23475—79, 23504—79, 26557—85	V.2, V.22, V.26, V.27бис, V.50, V.53
С1-ТЧР	23578—79	—
С1-ПГ	25007—81	V.35
С1-ШП	24174—80, 25007—81, 26557—85	V.36, V.37, МС 8482
С1-ФЛ	24174—80, 26532—85	G.703
С1-АК	—	V.15
С1-ОД	—	V.31бис, рабочие документы МОС/ТК97/ПК13

4.2.2. Стык С1-ТГ

Перечень и основные параметры местных двухполюсных информационных цепей, служащих для сопряжения ТГА с ТГА и ТГА

с АПД, параметры сигналов в местных двухполюсных информационных цепях, а также параметры сопряжения аппаратуры с каналами телеграфных цепей определены в ГОСТ 22937—78.

Местные двухполюсные информационные цепи ТГА и АПД подразделяются на следующие типы: «передаваемые (принимаемые) данные» — для передачи дискретных сигналов между сопрягаемой аппаратурой, «сигнальное заземление» — для установления общего потенциала между сопрягаемой аппаратурой. При необходимости сопряжения аппаратуры по двухпроводной (симметричной) схеме цепь «сигнальное заземление» заменяется обратным проводом.

Сопряжение ТГА или АПД через коммутационную станцию, не осуществляющую преобразования сигналов, производится путем гальванического соединения соответствующих цепей. При сопряжении ТГА или АПД через коммутационную станцию, осуществляющую преобразование сигналов, последняя должна быть оснащена входными и выходными стандартными устройствами. При некоммутируемом соединении коммутационная станция исключается из цепи и сопряжение ТГА с ТГА или ТГА с АПД осуществляется непосредственно при помощи соединительных проводов. Вид сигналов — двухполюсные послылки постоянного тока, при этом положительная полярность должна соответствовать двоичной «1» (стоповая посылка), отрицательная полярность — двоичному «0» (стартовая посылка).

Основные параметры стыка С1-ТГ приведены в табл. 4.2. При понижении входного напряжения до значения менее 1,5 В по абсолютному значению входное устройство должно переходить в состояние, соответствующее приему сигнала стартовой посылки. Переход в это состояние должен осуществляться в интервале 1...100 или

Т а б л и ц а 4.2. Основные параметры стыка С1-ТГ

Параметр	Значение
Максимально допустимая скорость передачи данных, бод	200
Напряжение двухполюсных посылок в местных информационных цепях по несимметричной/симметричной схеме, В:	
в точке «Выход»	16...30/14...30
в точке «Вход»	14...30/10...30
Напряжение двухполюсных посылок на выходе аппаратуры при активном сопротивлении нагрузки 1000 Ом по несимметричной/симметричной схеме, В	17...25/15...25
Ток выхода ТГА, АПД при коротком замыкании и встречном включении, мА	≤100
Коэффициент пульсации напряжения в точках «Вход» и «Выход» при любой полярности сигнала	≤3
Напряжение срабатывания входного устройства (абсолютное значение), В	≤3
Алгебраическая сумма напряжений срабатывания входного устройства (абсолютное значение), В	≤1

1...50 мс после скачкообразного понижения напряжения. Вторым режимом является предпочтительным. Не более чем через 15 мс после скачкообразного повышения напряжения до значения более 3 В по абсолютному значению входное устройство должно обеспечивать прием сигналов в соответствии с изложенными требованиями к чувствительности. Указанные требования не относятся к оконечным и контрольно-измерительным ТГА и АПД.

Длительность фронтов в местных информационных цепях должна быть не более 0,5 мс в интервале 0,1...0,9 перепада напряжения при изменении мощности напряжения, а на выходе выходного устройства при активном сопротивлении нагрузки 1000 ± 100 Ом не должна превышать 0,3 мс.

4.2.3. Стыки С1-ТФ и С1-ТЧ

Параметры сопряжения УПС с коммутируемыми телефонными и некоммутируемыми двух- и четырехпроводными каналами связи тональной частоты систем с частотным разделением каналов (ЧРК) определены в ГОСТ 25007—81 и 26557—85 (параметры даны для скоростей работы до 9600 бит/с включительно). Параметры цепей

Т а б л и ц а 4.3. Электрические параметры стыков С1-ТФ, С1-ТЧ

Параметр	С1-ТФ	С1-ТЧ
Номинальное входное и выходное сопротивление УПС, Ом	600	600
Входное сопротивление УПС постоянному току (при токе 25 мА), Ом:		
в режиме набора	≤ 300	—
для положения замыкания	≤ 300	—
для положения размыкания	≥ 100 кОм	—
Уровень максимальной среднeminутной мощности сигналов на выходе передатчика УПС*, дБмО (кВтО):	≤ -13 (50)	
для скоростей до 2400 бит/с		≤ -15 (32)
для скоростей свыше 2400 бит/с		≤ -13 (50)
Уровень максимальной среднечасовой мощности сигналов на выходе передатчика УПС**, дБмО (мкВтО)	≤ -15 (32)	≤ -15 (32)
Допустимый выходной уровень средней мощности УПС для работы по ведомственным каналам, дБмО (мкВтО)	-10 (100)	-10 (100)
Уровень средней мощности на выходе приемника УПС, дБ	-43...0	-26...0
Максимальная эквивалентная мощность сигнала, мкВтО:		
при скорости 2400 бит/с	—	65
при скорости 4800 бит/с	—	200

* Измеряется в точке нулевого относительного уровня.

** Измеряется в период наибольшей нагрузки при коэффициенте использования канала 0,6.

**Т а б л и ц а 4.4. Мощность сигналов на выходе передатчика
УПС С1-ТФ, С1-ТЧ**

Тип канала	Скорость, бит/с	Максимальная среднеминутная мощность, МкВтО (дБмО)	Максимальная среднечасовая мощность, МкВтО (дБмО)
ТФ	—	50 (—13)	32 (—15)
ТЧ	До 2400 включительно	32 (—15)	
	Свыше 2400	50 (—13)	32 (—15)

Т а б л и ц а 4.5. Полосы частот сигналов С1-ТФ, Т1-ТЧ

Скорость пе- редачи дан- ных, бит/с	Тип канала связи	Несущая частота, Гц	Вид модуляции	Занимаемая полоса частот, Гц
300	ТЧ, ТФ	По ГОСТ 20855—83		910...1250 (ка- нал 1), 1580...1920 (ка- нал 2)
1200	ТЧ			900...2500
	ТФ			650...1750 (ка- нал 1), 1850...2950 (ка- нал 2)
2400	ТЧ			600...3000
4300	ТЧ	1800	Дифференциальная вось- мифазовая	600...3000
9600	ТЧ	3000	Амплитудно-фазовая с частично подавленной верхней боковой полосой	400...3300
		1700, 1800	Амплитудно-фазовая с двумя боковыми полоса- ми частот	400...3200
До 75	ТЧ, ТФ	—	Частотная	370...470

стыков соответствуют рекомендациям МККТТ V.2, V.21, V.22бис, V.27бис, V.29.

Обмен по стыку производится модулированными сигналами в рабочей полосе частот каналов. Номенклатура цепей стыков: линейный вход; линейный выход; линейный вход/выход (при двухпроводной схеме включения УПС). Цепи стыков должны быть симметричны по отношению к цепям заземления и гальванически изолированы от остальных цепей УПС. Электрические параметры стыков С1-ТФ и С1-ТЧ приведены в табл. 4.3.

Передача данных и/или ведение служебных переговоров с УПС должны обеспечиваться по одному и тому же каналу связи. Уровень средней мощности сигналов на выходе передатчика УПС устанавливают в зависимости от затухания абонентской (соединительной) линии таким образом, чтобы в точке нулевого относительного уровня

Т а б л и ц а 4.6. Нормы энергетических параметров сигналов ТТ

Параметр	Норма средней мощности группового сигнала, мкВтО		
	135	90	50
Максимальная эквивалентная мощность сигнала, дБмО (мкВтО), не более	-1,50 (700)	-3,24 (478)	-5,24 (300)
Максимальная мощность сигнала, дБмО (мкВтО), не более	+1,50 (1400)	-0,24 (935)	-2,24 (600)

Т а б л и ц а 4.7. Нормы энергетических параметров сигналов

Парамстр	Инфор	
	фотофаксимильная для сигналов	
	с АМ	с ЧМ
Номинальный уровень сигнала, дБмО (мкВтО)	0 (1000)	-10,0 (100)
Максимально допустимая среднечасовая мощность, дБмО (мкВтО)	-6,0 (250)	-10,0 (100)
Максимальная среднeminутная мощность, дБмО (мкВтО)	-0,2 (950)	-10,0 (100)
Максимальная эквивалентная мощность с вероятностью превышения $1 \cdot 10^{-3}$, дБмО (мкВтО)	1,8 (1500)	-8,2 (150)

Примечание. При использовании ЧМ с частичным ограничением значениям колодки «для сигналов с АЧМ «Позитив»».

средняя мощность сигнала не превышала значений, приведенных в табл. 4.4. Значение максимальной эквивалентной мощности сигнала должно быть равно: 65 мкВтО — при скорости 2400 бит/с; 200 мкВтО — при скорости 4800 бит/с.

Полосы частот ($f_{\text{верхн}} \dots f_{\text{нижн}}$), в которых формируется линейный сигнал, указаны в табл. 4.5.

Спектральная плотность мощности внутри полосы канала должна соответствовать ГОСТ 24174—80. Параметры сигналов тонального телеграфирования (ТТ), поступающих в каналы ТЧ, определяются ГОСТ 23475—79. Максимальная средминутная и среднечасовая мощности сигнала ТТ, выделяемые в точке нулевого относительного уровня на сопротивлении 600 Ом, должны быть не более: 135 мкВтО (3...8,7 дБмО) — при работе по каналам ТЧ воздушных линий связи для аппаратуры ТТ всех типов; до 90 мкВтО (—10,4 дБмО) — при работе по каналам ТЧ кабельных линий связи для аппаратуры типов ТГ-17П, ТНТ-6, ТТ-48, ТТ-12; 50 мкВтО (—13,0 дБмО) — при работе по каналам ТЧ, удовлетворяющим требованиям ГОСТ 21655—76 для аппаратуры ТТ, соответствующей требованиям ГОСТ 18644—73.

Расчетная максимальная эквивалентная мощность сигнала и расчетная максимальная мощность сигнала с вероятностью превышения $1 \cdot 10^{-3}$ при любом числе каналов ТТ в аппаратуре должны соответствовать указанному в табл. 4.6.

Уровень спектральных составляющих сигнала в диапазоне частот 0,3...3,4 кГц должен соответствовать значениям, приведенным в ГОСТ 18664—73. Нормы энергетических параметров сигналов ТТ приведены в табл. 4.6.

Для сигналов факсимильного телеграфирования с амплитудной (АМ), частотной (ЧМ) и амплитудно-частотной модуляциями (АЧМ), поступающих в каналы ТФ и ТЧ для передачи фототелеграфией, документальной информации и метеорологических карт, устанавливаются другие нормы энергетических параметров (ГОСТ 23504—79). Эти нормы приведены в табл. 4.7.

факсимильного телеграфирования

мация		
документальная для сигналов с АМ «Позитив»	метеорологическая для сигналов с АЧМ «Позитив»	документальная и ме- теорологическая для сигналов с ЧМ
— 9,0 (125)	— 3,0 (500)	— 15,0 (32)
— 15,0 (32)	— 15,0 (32)	— 15,0 (32)
— 9,2 (120)	— 3,2 (476)	— 15,0 (32)
— 7,2 (187)	— 1,2 (750)	— 13,2 (48)

верхней боковой полосы энергетические параметры должны соответствовать

4.2.4. Стык С1-ТЧР

Параметры сопряжения между УПС СПД и коротковолновым радиоканалом тональной частоты (ТЧР) ЕАСС и ведомственных сетей связи определены в ГОСТ 23578—79. Стык С1-ТЧР имеет одну или две входные (линейные) двухпроводные цепи приема для пространственно- или частотно-разнесенного приема и одну или две выходные (линейные) двухпроводные цепи передачи. Вторую цепь следует использовать при одновременной работе УПС на два радиопередатчика или по двум боковым полосам одного радиопередатчика.

Основные параметры стыка С1-ТЧР приведены в табл. 4.8. Уровни передаваемого и принимаемого сигналов УПС в точках сопряжения с каналом ТЧ (соединительной линией) должны соответствовать значениям, указанным в табл. 4.9.

Т а б л и ц а 4.8. Основные параметры стыка С1-ТЧР

Параметр	Значение
Диапазон частот для выходного сигнала УПС, выдаваемого в канал ТЧР, Гц	300...3400
Номинальное значение входного и выходного сопротивления линейных цепей УПС, Ом	600
Коэффициент отражения (относительно номинального значения входного и выходного сопротивлений) в рабочем диапазоне частот УПС, %	≤ 15
Затухание асимметрии входных и выходных цепей УПС по отношению к земле, дБ	≥ 43
Затухание сигналов на частоте 1800 Гц, дБ	≤ 17
Разность затуханий сигналов на частотах 300 и 3400 Гц, дБ	≤ 13
Номинальный уровень контрольного гармонического сигнала в точках сопряжения с радиопередатчиком (должен соответствовать уровням измерительных точек), дБ	+10; +4; 0; -3,5; -13
Измерительные точки сопряжения приемника УПС с радиоприемным устройством, дБ	+10; +4; -3,5; -8,7

Рекомендуются следующие значения основных параметров канала ТЧР: отклонение частоты несущего колебания в канале связи — не более ± 10 Гц; значение паразитной фазовой модуляции сигнала в полосе частот 300...3400 Гц — не более $\pm \pi/36$ рад; нелинейные искажения для передающего устройства — не более -35 дБ, для приемного устройства — не более -50 дБ для каналов ЕАСС и не более -34 дБ для ведомственных сетей связи.

Т а б л и ц а 4.9. Уровни сигналов УПС в точках сопряжения с каналом ТЧ

Измерительный уровень в точке сопряжения, дБ		Уровень сигнала, дБ (не более), при средней мощности в канале, мкВт.					
		100		50		32	
ПД	ПМ	ПД	ПМ	ПД	ПМ	ПД	ПМ
-13	+4	-23	-6	-26	-9	-28	-11
-3,5	-3,5	-13,5	-13,5	-16,5	-16,5	-19	-19

Примечание. ПД — передаваемый сигнал; ПМ — принимаемый сигнал.

4.2.5. Стыки С1-ПГ и С1-ШП

Параметры сопряжения УПС с ведомственными предгрупповыми (ПГ) и первичными широкополосными каналами (ПШК) систем передачи с ЧРК определены в ГОСТ 24174—80; 25007—81 и 26557—85. Параметры даны для последовательной синхронной передачи данных с предельными скоростями 48 и 64 кбит/с по каналам с рабочей полосой частот 60,6...107,7 кГц и четырехпроводным оконечанием.

Параметры цепей стыков соответствуют рекомендациям МККТТ V.2 и V.36. Основные параметры стыков С1-ПГ и С1-ШП приведены в табл. 4.10. Номенклатура цепей стыков и требования к ним те же, что и в стыках С1-ТФ и С1-ТЧ. Обмен по стыкам производится модулированными сигналами в рабочей полосе частот каналов. Передача данных и/или ведение служебных переговоров с УПС обеспечиваются по одному и тому же каналу связи. В полосе ПШК кроме основного канала передачи данных допускается посредством ЧРК формирование в УПС дополнительного канала для передачи служебных сигналов.

При использовании каналов ПГ с относительными уровнями передачи в точках подключения, равными 24, 3 дБ, сигнал УПС формируется таким образом, чтобы внеполосовая средняя мощность сигнала за 1 мин в полосе 3 кГц, центрированной на любой частоте диапазона 1,8...9,9 или 25,8...58,5 кГц, не превышала —43,8 дБмО, что соответствует —68,1 дБ на входе широкополосного канала. Преобразование передаваемой информации в УПС-ПГ осуществляется таким образом, чтобы средняя за 1 мин мощность сигналов в диапазонах частот 11,4...12,3 и 23,4...24,3 кГц в полосе 100 Гц была ниже —26 дБО (2,5 мкВтО), а максимальная мощность в тех же условиях — ниже —17,4 дБО (18,3 мкВтО).

Преобразование передаваемой информации в УПС-ШП осуществляется таким образом, чтобы средняя мощность сигналов передачи данных вблизи групповых контрольных частот f_k в точке нулевого относительного уровня была ниже следующих значений: —70 дБмО — в диапазоне $f_k \pm 25$ Гц; —30 дБмО — в диапазоне $f_k \pm 100$ Гц; —15 дБмО — в диапазоне $f_k \pm 200$ Гц.

Т а б л и ц а 4.10. Параметры сопряжения УПС с каналами ПГ и ШП

Параметр	ПГ	ШП
Номинальное входное и выходное сопротивление УПС, Ом	150	150
Затухание соединительных (абонентских) линий, дБ	0	0
Рабочая частота канала, кГц	11,1	47,1
Нижняя частота рабочей полосы, кГц	12,3	60,6
Верхняя частота рабочей полосы, кГц	23,4	107,7
Контрольная частота, кГц	—	84,14 или 104,08
Номинальные относительные уровни мощности в точках подключения УПС к каналам, дБ:		
на входе канала	—36	—36
на выходе канала	—13	—23
на входе и выходе канала	—24,3	—5,2
Уровень средней мощности сигнала в точке нулевого относительно уровня широкополосного канала, дБмО (мкВтО)	—5,2 (300)	—4,3 (384)
Максимальная среднечасовая мощность, дБмО (мкВтО)	≤ —4,3 (384)	≥ —4,3 (384)
Максимальная средниминутная мощность, дБмО (мкВтО)	—2,6 (550)	—2,6 (550)
Максимальная эквивалентная мощность, мкВтО	2200	2200
Допускаемое для ведомственных каналов значение средней мощности, устанавливаемой в УПС, дБмО (мкВтО)	96 (150)	0 (1000)
Допустимый уровень мощности для дополнительного служебного канала, дБмО (мкВтО)	—	—15 (—32)

4.2.6. Стык С1-ФЛ

Рекомендации МККТТ V.2 и G.703 и ГОСТ 26532—85 определяют параметры сопряжения УПС с физическими (соединительными) линиями (ФЛ) при обмене импульсными сигналами низкого уровня со скоростями передачи до 480 кбит/с. Номенклатура цепей стыка С1-ФЛ и требования к ним те же, что и в стыках С1-ТФ и С1-ТЧ.

В зависимости от вида сигналов, выдаваемых УПС в физическую линию, различаются три типа стыка С1-ФЛ: С1-ФЛ-НУ — двухполярные послылки постоянного тока низкого уровня в первичном коде (рис. 4.2, б); С1-ФЛ-БИ — двухполярные послылки с избыточным перекодированием в бимпульсный сигнал (рис. 4.2, в); С1-ФЛ-КИ — трехуровневые послылки с избыточным перекодированием в квазитрехуровневый сигнал (рис. 4.2, г, д).

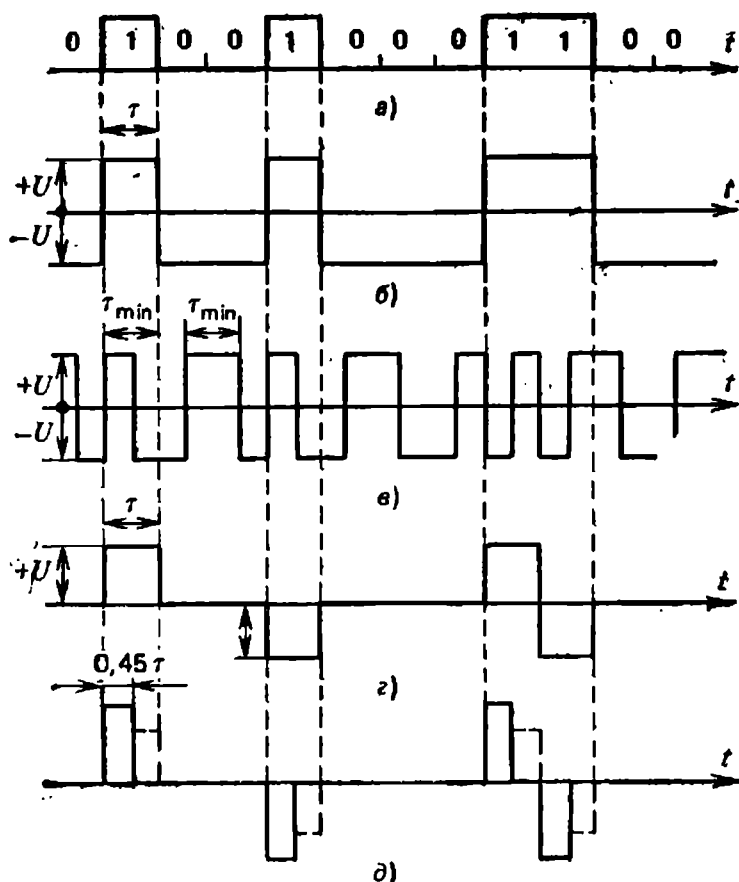


Рис. 4.2. Виды сигналов стыков С1-ФЛ:

а — информационный сигнал; б — сигнал низкого уровня; в — биимпульсный сигнал; г, д — квазитрионичный сигнал; U — амплитуда сигнала; τ — длительность импульса; t — время

Во всех трех типах стыка СЛ-ФЛ отношение амплитуды импульса положительной полярности ($+U$) к амплитуде отрицательной полярности ($-U$) должно быть в пределах 0,95...1,05. Основные параметры трех типов стыка С1-ФЛ приведены в табл. 4.11.

На стыке С1-ФЛ-БИ символ «1» выходной информационной последовательности соответствует биимпульсу «10» или «01», совпадающему с предыдущим, а символ «0» — биимпульсу «10» или «01», инверсному по отношению к предыдущему биимпульсу.

Для обмена служебными сигналами контроля данных рекомендуется: служебный сигнал «Канал не годен» передавать пакетом единиц в количестве не менее 254 единичных элементов; служебный сигнал «Авария» — пакетом двоничных нулей в количестве не менее 254 единичных элементов.

В УПС-ФЛ-КИ алгоритм кодирования относительный и обеспечивает возможность преобразования информационного сигнала в трехуровневые двухполярные посылки. При каждой последующей токовой посылке (единичном элементе «1») информационного сигнала импульс преобразованного сигнала изменяет свою полярность на противоположную по сравнению с предыдущим импульсом. Каждая бестоковая посылка (единичный элемент «0») передается пробелом в преобразованном сигнале (рис. 4.2, г).

Т а б л и ц а 4.11. Основные параметры стыка С1-ФЛ

Параметр	С1-ФЛ-НУ	С1-ФЛ-БИ	С1-ФЛ-КИ
Тип ФЛ	2- и 4-проводная	4-проводная	4-проводная
Режим обмена	Асинхронный, синхронный	Синхронный	Синхронный
Скорости передачи, кбит/с	До 20	12...48	48...48
Номинальное сопротивление УПС, Ом:			
входное	50...300	150 ± 30	120 ± 24
выходное	≤ 150	150 ± 30	120 ± 24
Амплитудное значение линейного сигнала, В: на передаче	≤ 1	≤ 1	1 (для скоростей до 72 кбит/с), 2 (для скоростей 72...144 бит/с), 3 (для скоростей от 192 кбит/с)
на приеме	$\geq 0,02$	$\geq 0,05$	$\geq 0,05$
Величина выброса на вершине посылки относительно амплитуды импульса, %	10	10	10

Примечания: 1. При работе по многопарным линиям и одновременной передаче различных сигналов по другим парам амплитуда сигналов передачи не должна превышать 0,4 В. 2. При работе укороченными импульсами допускается увеличение амплитуды сигнала в 1,4 раза.

При работе укороченными по длительности импульсами, разделенными друг от друга паузами, длительность укороченных импульсов квазитроичной последовательности должна быть равна $(0,50 \pm \pm 0,05)\tau$, где τ — длительность импульса.

4.2.7. Стык С1-АК

Рекомендация V.15 МККТТ определяет параметры акустического сопряжения оконечных установок передачи данных с телефонной сетью связи с помощью обычного телефонного аппарата. Оборудование акустического сопряжении должно удовлетворять следующим требованиям:

1. Максимальная мощность на выходе абонентской аппаратуры в линию не должна превышать 1 мВт на любой частоте. Средняя мощность сигнала в телефонной линии не должна превышать

—13 дБмО для дуплексной работы и —10 дБмО для симплексной работы при усреднении приблизительно за 3 с. Эти значения выбраны с учетом общих требований к уровням мощности при передаче данных по телефонным линиям определенных рекомендаций V.2 МККТТ.

2. Усредненная за 3 с мощность сигнала вне частотного диапазона 0...4 кГц не должна превышать следующих величин: —20 дБ в диапазоне 2...8 кГц, —40 дБ в диапазоне 8...12 кГц, —60 дБ в каждом 4-килогерцевом диапазоне выше 12 кГц.

3. Передаваемые преобразователем частоты должны быть таковы, чтобы не создавались помехи национальным или международным системам сигнализации и контрольным частотам (пилот-сигналам), используемым в телефонном соединении.

4. В преобразователе следует предусмотреть меры против попадания опасных электрических напряжений и токов в телефонную линию.

5. Следует предусмотреть защиту телефонных абонентов от акустического удара как при нормальных условиях, так и в случае каких-либо неисправностей, связанных с устройством акустического соединения.

В стационарных установках не рекомендуется использовать акустическое соединение АПД с сетью телефонной связи при помощи телефонного аппарата. Однако может потребоваться временное подключение портативной АПД к сети при таких обстоятельствах, когда трудно получить доступ к зажимам абонентской линии. Использование акустического соединения для временных связей возможно с согласия администрации связей, ведающей телефонной сетью, к которой будет подключаться АПД.

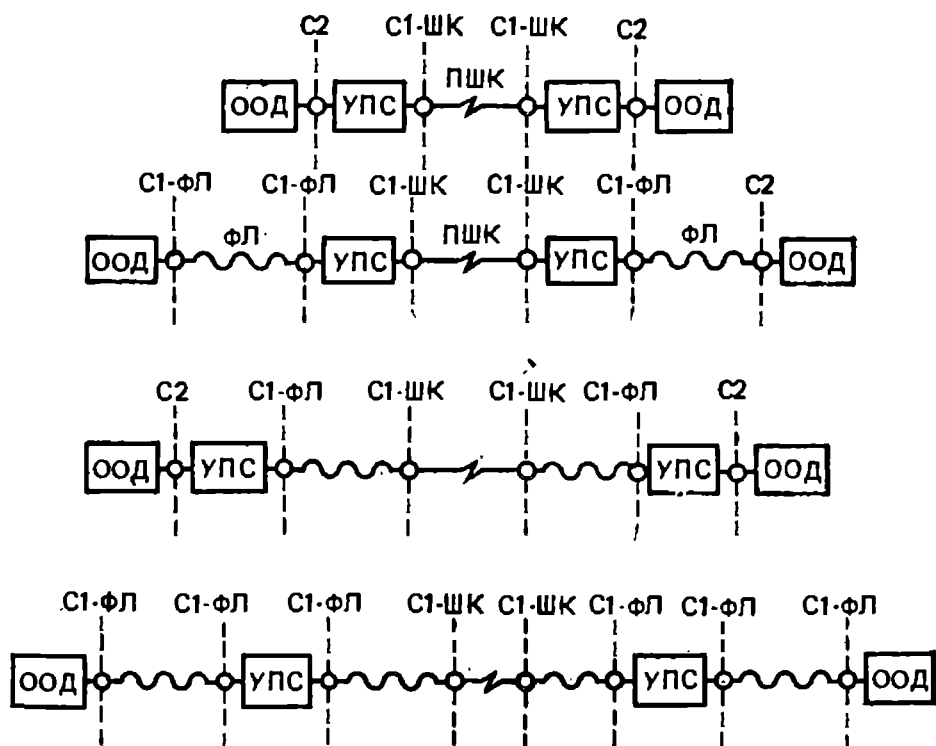


Рис. 4.3. Основные тракты СПД со стыками С1

4.2.8. Стык С1-ОЛ

Законченных стандартов по стыку С1-ОЛ в настоящее время нет. Их разработка начата в МЭК/ТК86 и в МОС/ТК97/ПК13. В частности, в МОС ведется разработка комплекса стандартов по волоконно-оптическому интерфейсу распределенных данных — ВИРД (Fiber Distributed Data Interface — FDDI) под общим номером 9324. Одна из частей этого стандарта должна будет определить параметры сопряжения оборудования обработки данных (канала ввода-вывода ЭВМ) с волоконно-оптической линией связи. В настоящее время эта работа достигла стадии проекта предложения по международному стандарту.

4.2.9. Тракты передачи данных

На основе различных типов каналов связи могут быть организованы определенные конфигурации трактов передачи данных. Примеры построения основных трактов СПД с использованием стыков С1 показаны на рис. 4.3.

4.3. СТЫК С2 И ЕГО РАСШИРЕНИЯ

4.3.1. Общая характеристика

Стык С2 определяет правила взаимодействия и параметры сопряжения между ООД и АПД при последовательном вводе-выводе данных, а также взаимодействие ООД и АПД с промежуточным оборудованием между ними.

Стандартизацией стыка С2 занимаются международные организации МККТТ (рекомендации серий V и X), МОС, МЭК, МПК по ВТ, межнациональные и национальные организации ЕΙΑ (США), Госстандарт (СССР).

Стандарты и рекомендации по стыку С2 определяют следующие характеристики: общие (скорости, последовательности передачи); функциональные и процедурные (номенклатура, категории цепей стыка, правила их взаимодействия); электрические (параметры генераторов, приемников, нагрузки) и механические (габаритные размеры, распределение контактов по цепям стыка).

Перечень международных и национальных стандартов, определяющих перечисленные характеристики стыка С2, приведен в табл. 4.12.

4.3.2. Процедурные и функциональные характеристики

Все цепи стыка С2 подразделяются на две категории: цепи общего назначения (серия 100) для соединения ООД с УПС и цепи для автоматического установления соединения (серия 200).

Номенклатура цепей серии 100, категория, направление цепей и их функциональное назначение приведены в табл. 4.13 (в особых случаях между ООД и УПС допускается вводить дополнительные цепи). Минимально необходимая номенклатура цепей для различных комплектаций АПД приведена в табл. 4.14.

Взаимодействие цепей стыка С2 при передаче данных происходит следующим образом. ООД не должно передавать данные в цепь 103, если все четыре цепи 105, 106, 107 и 108.1/108.2, не находятся

Т а б л и ц а 4.12. Стандарты по стыкам типа С2

Обозначение	Назначение
<i>Общие характеристики</i>	
X1, ECMA-102, RS-269B	Скорости передачи между ООД и АПД
RS-334	Последовательность сигналов при синхронной передаче
RS-104, RS-363	Характеристики сигналов при синхронной передаче
V.51, V.52	Вопросы измерения и эксплуатации
<i>Процедурные и функциональные характеристики</i>	
V.24, MC 8481, RS-232C, RS-449, ГОСТ 18145—81, проект СТ СЭВ	Номенклатура и взаимодействие цепей стыка
V.25, RS-366A	Процедуры автоматического вызова
X.20, X.20bis	Сопряжения ООД с асинхронными модемами
X.21, X.21bis	Сопряжение ООД с синхронными модемами
X.22	Мультиплексный стык ООД с АКД
V.54, X.150, MC 9067	Проверочные шлейфы
MC 8480	Операции резервирования стыка С2 с использованием 25-контактного соединителя
<i>Электрические характеристики</i>	
V.28, RS-232C, MC 7480	Несимметричные цепи стыка, работающие двухполюсным током
V.31, RS-410	Параллельные модемы
V.35	Симметричные сети для параллельных модемов
V.10/X.26, MC 7480, RS-423A, ГОСТ 23675—79	Несимметричные цепи для параллельных модемов на интегральных схемах
V.11/X.27, MC 7480, RS-422A, RS-485, ГОСТ 23675—79	Симметричные цепи для параллельных модемов на интегральных схемах
<i>Механические характеристики</i>	
MC 2110, RS-232C, RS-366A, НМ МПК по ВТ 65—83	25-контактный соединитель для модемов ТЧ
MC 2593	34-контактный соединитель для модемов ШП
MC 4902, RS-449, ПМС 9234	37/9-контактные соединители для модемов ТЧ и ШП
MC 4903	15-контактный соединитель
МЭК MIL-C-5015	19-контактный соединитель
I.430, MC 8877	8-контактный соединитель для цифровых сетей ISDN

Т а б л и ц а 4.13. Цели серии 100 стыка С2

Номер	Наименование	Категория	Направ- ление		Назначение
			УПД к	УПД к	
102	Сигнальное заземление или общий обратный провод	Заземление			Установление эталонного потенциала по постоян- ному току для симметричных цепей
103	Передаваемые данные	Данные	+	+	Передача данных, вырабатываемых ООД
104	Приинимаемые данные	»			Передача данных, формируемых АПД
105	Запрос передачи	Управление			Управление в АПД функциями передачи по кана- лу данных
106	Готов к передаче	»	+	+	Указание на готовность АПД передавать данные по каналу связи
107	АПД готова	»	+		Указание на готовность АПД к работе
108.1	Подсоединить АПД к линии	»		+	Управление подключением к линии связи или от- ключением от линии связи УПС или аналогичного сму устройства
108.2	ООД готово	»		+	Управление подключением к линии связи или от- ключением от линии связи УПС или аналогичного сму устройства
109	Детектор принимаемого ли- нейного сигнала канала данных	»		+	Нахождение уровня принимаемого линейного сиг- нала канала данных в установленных пределах
110	Детектор качества сигнала данных	»	+	+	Указание на наличие в принятых данных ошибки заданной вероятности
111	Переключатель скорости пе- редачи данных (источник — ООД)	»		+	Переключение скорости передачи данных (син- хронные АПД) или диапазона скоростей передачи данных (асинхронные АПД)

112	Переключатель скорости передачи данных (источник — АПД)	Управление	+	+	Перескучение скорости передачи данных (синхронные АПД) или диапазона скоростей передачи данных (асинхронные АПД)
113	Синхронизация элементов передаваемого сигнала (источник — ООД)	Синхронизация		+	Обеспечение в АПД синхронизации единичных элементов сигналов
114	Синхронизация элементов передаваемого сигнала (источник — АПД)	»	+		Обеспечение в ООД синхронизации единичных элементов сигналов
115	Синхронизация элементов принимаемого сигнала (источник — АПД)	»	+		Обеспечение в ООД синхронизации единичных элементов сигнала
116	Выбор резерва	Управление		+	Выбор между основным и резервными устройствами
117	Индикатор резерва	»	+		Указание на нахождение АПД в резервном режиме
118	Передаваемые данные об обратного канала	Данные		+	Передача данных, вырабатываемых ООД, по обратному каналу
119	Принимаемые данные об обратного канала	»	+		Передача данных, вырабатываемых АПД, по обратному каналу
120	Включить линейный сигнал обратного канала	Управление		+	Управление в АПД функциями передачи по обратному каналу
121	Обратный канал готов	»	+		Указание на готовность АПД передавать данные по обратному каналу
122	Детектор принимаемого линейного сигнала	»	+		Нахождение уровня принятого сигнала в установленных пределах
123	Детектор качества сигнала обратного канала	»	+		Указание на наличие в принятых по обратному каналу данных ошибок заданной вероятности
124	Выбор группы частот	»	+		Выбор желаемой группы частот, имеющейся в АПД
125	Индикатор вызова	»	+		Указание на получение АПД сигнала вызова
126	Выбор частоты передач	»	+	+	Выбор требуемой частоты передач в АПД

Номер	Наименование	Категория	Направление		Назначение
			в АПД	в АПД *	
127	Выбор частоты приема	Управление		+	Выбор требуемой частоты приема в АПД
128	Синхронизация элементов принимаемого сигнала (источник — ООД)	Синхронизация		+	Синхронизация в АПД единичных элементов сигнала
129	Запрос приема	Управление		+	Управление в АПД функцией приема
130	Включить тон обратного канала	»		+	Управление в АПД передачей частоты по обратному каналу
131	Синхронизация принимаемых знаков	Синхронизация	+		Позначная синхронизация данных в ООД
132	Возврат в режим «не данные»	Управление		+	Восстановление в АПД режима «не данные» без разрыва соединения с удаленным абонентом
133	Готов к приему	»		+	Управление посылкой данных по пели 104 с указанием о способности ООД принять определенное количество данных

Номер	Наименование	Категория	Направление		Назначение
			АПД от	АПД к	
134	Принимаемые данные выдаются	Управление	+		Выделение информационной части кодовой комбинации, посылаемой по цепи 104
140	Эксплуатационная проверка	»		+	Управление состоянием эксплуатационной проверки
141	Местный шлейф	»		+	Управление состоянием проверки шлейфов в местной цепи
142	Индикатор проверки	»	+		Указание на установление состояния проверки в АПД
191	Передаваемый речевой ответ	»		+	Передача в АПД аналоговых сигналов, генерируемых блоком речевого ответа ООД
192	Принимаемый речевой ответ	»	+		Передача в ООД аналоговых сигналов, генерируемых блоком речевого ответа удаленного ООД

**Таблица 4.14. Минимальная номенклатура цепей серии 100
стыка С2**

Номер	Однонаправленная передача				Двунаправ- ленная поочередная передача		Двунаправленная одновременная передача		
	Передатчик	Приемник	Передатчик пря- мого канала и приемник обрат- ного канала	Приемник прямо- го канала и пере- датчик обратного канала	Приемопередат- чик прямого канала	Приемопередат- чик прямого и обратного канала	Приемопередат- чик прямого канала	Приемопередат- чик прямого и обратного канала	Специальная
102	+	+	+	+	+	+	+	+	+
103	+	+	+	+	+	+	+	+	+
104	—	+	—	+	+	+	+	+	+
105	—	—	—	—	+	+	+	+	+
106	+	—	+	—	+	+	+	+	+
107	+	+	+	+	+	+	+	+	+
108.1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
108.2	+	+	+	+	+	+	+	+	+
109	—	+	—	+	+	+	+	+	+
113	+	—	+	—	+	+	+	+	+
114	+	—	+	—	+	+	+	+	+
115	—	+	—	+	+	+	+	+	+
118	—	—	—	—	+	+	+	+	+
119	—	—	+	—	+	+	+	+	+
120	—	—	—	—	+	+	+	+	+
121	—	—	+	—	+	+	+	+	+
122	—	—	+	—	+	+	+	+	+
125	—	+	+	+	+	+	+	+	+
128	—	+	—	+	+	+	+	+	+

Примечания: 1. Цепи 113 и 114, 115 и 128 не могут быть использованы одновременно. 2. Цепи 113, 114, 115 и 128 не используются в случае асинхронной АПД. 3. Цепь 125 необходима для работы АПД по коммутируемым каналам. 4. Цепи 118—122 используются при наличии обратного канала

в состоянии «Включено». Данные, посланные по цепи 103 в течение времени, когда все четыре цепи (если они используются) находятся в состоянии «Включено», передаются АПД в канал связи.

Сигналы в цепи 107 должны быть ответами на сигналы цепи 108.1. При этом настройка канала передачи данных не будет иметь места, пока цепь 107 не перейдет в состояние «Включено».

Цепь 108.1/108.2 после перехода в состояние «Выключено» не может быть переведена снова в состояние «Включено» до тех пор, пока АПД не переведет цепь 107 в состояние «Выключено». Для работы с цепью 108.1/108.2 в АПД предусмотрены переключки. Если АПД содержит оборудование автоматического ответа на вызов, то подключение к линии производится только в ответ на комбинацию сигнала вызова и на включение цепи 108.1 или 108.2.

При совместной работе ООД и АПД должны выполняться сле-

дующие условия: если цепь 107 включена, ООД не должна учитывать состояние остальных цепей, исходящих от ООД (исключение — цепь 125); если цепь 108.1/108.2 выключена, АПД не должна учитывать состояние остальных цепей, исходящих от ООД (исключение — цепь серии 200). Состояние «Включено» в цепях 107, 108.1/108.2 указывает на достоверность исходящих от ООД или АПД сигналов в остальных цепях стыка. Состояние «Выключено» в цепи 108.1/108.2 не должно блокировать действие цепи 125.

При включении цепи 105 АПД должна перейти в режим передачи, информировать об этой ситуации удаленную АПД и перевести ее в состояние приема данных.

Если АПД включила цепь 106, ООД может посылать данные в цепь 103 через стык. При этом АПД гарантирует, что все данные, посланные через стык до того, как одна из цепей, 105, 106, 107 или 108.1/108.2, снова перейдет в состояние «Выключено», будут действительно переданы в канал связи. Однако состояние «Включено» в цепи 106 не гарантирует, что удаленная АПД обязательно находится в режиме приема.

Оконечное оборудование данных не должно выключать цепь 105 до конца последнего элемента данных (или элемента остановки), передаваемого через стык по цепи 103. Если работа по коммутируемой сети — в дуплексном режиме и цепь 105 не используется, выполнять указанное требование не обязательно, когда цепь 108.1/108.2 переводится в состояние «Выключено» для фиксации момента окончания связи по коммутируемой линии. Если цепь 105 используется, то состояния в цепи 106 являются ответными, причем задержку ответа в цепи 106 определяют типом используемой АПД. Цепь 105 не может быть включена до тех пор, пока АПД не выключит цепь 106.

В интервалах времени, в течение которых цепи 105 и 106 находятся в состоянии «Включено» и от ООД не поступают данные, ООД может передавать последовательности двоичных «1», двоичных «1» и «0» (например, знаки СИН, знаки «Пусто» в соответствии с используемым кодом) для поддержания синхронизации по элементам.

По цепи 118 ООД не должно передавать данные, если все четыре цепи, 120, 121, 107 и 108.1/108.2, не находятся в состоянии «Включено». Когда все эти цепи (при их использовании) находятся в состоянии «Включено», все данные, посланные ООД по цепи 118, передаются АПД в канал связи. Взаимодействие цепей 118, 120 и 121, используемых для обеспечения работы по обратному каналу, аналогично описанному выше для прямого канала. Аппаратура передачи данных удерживает цепь 104 в состоянии «1», когда цепь 109 находится в состоянии «Выключено», и цепь 119 — в состоянии «1», когда цепь 122 находится в состоянии «Выключено».

Предназначенная для работы в дуплексном режиме АПД должна поддерживать в состоянии, соответствующем блокировке, следующие цепи (при их использовании): цепь 104 — в состоянии «1» и цепь 109 — в состоянии «Выключено», когда цепь 105 включена и в течение короткого времени (определяемого АПД) после выключения цепи 105; цепь 119 — в состоянии «1» и цепь 122 — в состоянии «Выключено», когда цепь 120 включена и в течение короткого интервала времени после выключения цепи 120.

При использовании цепи 113 (цепей 114 и 115) ООД (АПД) должно(а) посылать по этой(им) цепи(ям) сигналы синхронизации по единичным элементам во всех случаях, когда источник синхронизации ООД (АПД) в состоянии формировать эти сигналы, начиная с момента подачи питания на ООД (АПД).

Т а б л и ц а 4 15. Цели серии 200 стька С2

Номер	Наименование	Категория	Направление		Назначение
			от АПД	к АПД	
201	Сигнальное заземление или общий обратный провод	Заземле- ние			Установление общего потенциала для всех де- пей обмена серии 200
202	Запрос вызова	Управ- ление		+	Подготовка параллельного АБУ к послыке вы- зова и для его подключения/отключения к/от линии
203	Линия данных занята		+		Указание об использовании канала связи
204	Удаленная установка подсо- единена	»	+		Указание об установлении соединения с уда- ленной установкой данных
205	Несостоявшийся вызов	»	+		Указание об истечении заданного интервала времени между последовательными операциями в процедуре вызова
206... 209	Цифровой сигнал (2°...2³)	Данные			Передача цифрового сигнала (2°...2³)
210	Запрос следующей цифры	Управ- ление	+		Указание на готовность параллельного АБУ принять следующую кодовую комбинацию по целям 206...209
211	Цифра выдается	»		+	Управление считыванием кодовой комбинации, поступившей по целям 206...209
213	Индикатор электропитания	»	+		Указание о подаче электропитания к парал- лельному АБУ

При использовании цепи 128 ООД должно посылать сигналы синхронизации по элементам этой цепи в АПД. Если такие сигналы не передаются, цепь 128 должна удерживаться в состоянии «Выключено». Действия цепи 125 не должны ограничиваться или блокироваться состояниями любой другой цепи стыка.

Номенклатура цепей серии 200, их категории, направление и функциональное назначение приведены в табл. 4.15. При взаимодействии цепей серии 200 цепь 202 переводится в состояние «Выключено» между вызовами или попытками вызова и не включается до тех пор, пока не будет включена цепь 203. Цепь 204 находится в состоянии «Включено» до тех пор, пока ООД не закончит использование АВУ, т. е. пока цепь 202 не перейдет в состояние «Выключено». Цепь 205 удерживается в состоянии «Выключено» после того, как цепь 204 перейдет в состояние «Включено».

Состояние цепей 206...209 не должно изменяться до тех пор, пока цепь 211 включена. Цепь 210 не может перейти в состояние «Включено», пока не будет выключена цепь 211. Цепь 211 не может перейти в состояние «Включено», пока цепь 210 находится в состоянии «Выключено» и пока ООД не выдаст требуемую кодовую комбинацию цифр. Цепь 211 не должна переходить в состояние «Выключено», пока цепь 210 не перейдет в то же состояние.

4.3.3. Электрические характеристики

Электрические параметры стандартизованы для двух разновидностей цепей стыка С2: неинтегрированных цепей (на обычных электронных компонентах) и цепей на интегральных схемах (стык С2-ИС). Для каждой разновидности существует несколько стандартов и рекомендаций (см. табл. 4.12). Стандартизованные электрические параметры неинтегрированных цепей стыка С2 ориентированы на обеспечение скоростей передачи данных до 20 кбит/с.

Эквивалентная схема соединения распространяется на цепи стыка категорий данных, управления и синхронизации. Общее сопротивление нагрузки по постоянному току должно быть в пределах 3...7 кОм. Напряжение на нагрузке при разомкнутой цепи U_n не должно превышать 2 В по абсолютной величине. Значение емкости шунтирующей сопротивление нагрузки и измеряемой в точке стыка, не должно превышать 2500 пФ. Во избежание появления пиков напряжения в цепях обмена реактивная составляющая сопротивления нагрузки не должна быть индуктивной. Нагрузка в цепи должна быть рассчитана на работу с входным сигналом в диапазоне значений напряжений, определенных ниже.

Уровни сигналов стыка С2 должны удовлетворять следующим требованиям. Для всех цепей стыка категории данных устанавливается, что сигнал находится в состоянии двоичной «1», когда напряжение в цепи стыка U_i более отрицательно, чем -3 В, и в состоянии двоичного «0», когда напряжение U_i более положительно, чем $+3$ В. Цепи управления и синхронизации находятся в состоянии «Включено» при напряжении U_i более положительном, чем $+3$ В, и в состоянии «Выключено» при напряжении U_i более отрицательном, чем -3 В.

Диапазон напряжений $+3$... -3 В определяется как переходная зона. Для всех цепей время, необходимое для прохождения сигналом переходной зоны в ходе изменения состояния, не должно быть более 1 с, для цепей данных и синхронизации это время может устанавливаться из расчета не более 3 % номинальной длительности одного

сигнального элемента в соответствующей цепи. Максимальное значение мгновенной скорости изменения напряжения не должно быть более 30 В за 1 мкс.

Электрические параметры стыка С2-ИС стандартизованы отдельно для несимметричных и симметричных цепей.

Генератор и нагрузка могут помещаться в АПД или ООД произвольно: генератор — в ООД, нагрузка — в АПД или наоборот. Нагрузка цепи состоит из приемника и необязательной схемы согласования. Цепь стыка может быть расширена до многоточечного соединения добавлением генераторов и/или приемников.

Максимальная длина кабеля, соединяющего генератор и нагрузку, ограничивается в основном допустимым искажением сигналов на приемном конце, воздействием помех и разностью потенциалов заземленных точек передатчика и приемника. При выборе типа кабеля руководствуются:

эмпирическими данными, полученными при использовании телефонной витой пары (с диаметром провода 0,51 мм) как со схемой согласования, так как без нее при нагрузочном сопротивлении 100 Ом; требованиями к качеству сигнала на нагрузке (затухание по напряжению между генератором и нагрузкой не должно превышать 6 дБ);

произвольным ограничением длины до 1000 м при условии максимально допустимой потери мощности 6 дБ.

Зависимость длины кабеля от скорости передачи для симметричной цепи приведена на рис. 4.4, а. Все требования к нагрузке для не-

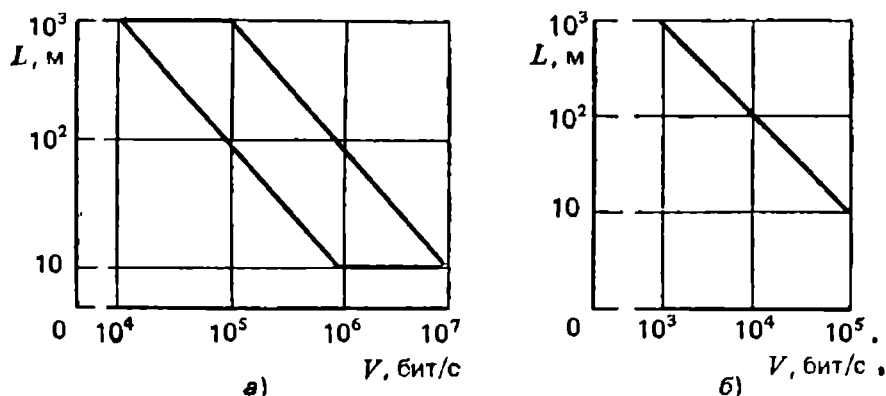


Рис. 4.4. Зависимость длины кабеля от скорости передачи в С2-ИС для симметричных (а) и несимметричных (б) цепей:

L — длина кабеля; V — скорость передачи; 1 — цепь стыка без схемы согласования; 2 — со схемой согласования

симметричных цепей те же, что и для симметричных цепей. Несимметричная цепь стыка также может быть расширена для многоточечного соединения.

Основные сравнительные характеристики симметричных и несимметричных цепей стыка С2-ИС приведены в табл. 4.16. Зависимость длины кабеля от скорости передачи данных для несимметричных цепей показана на рис. 4.4, б при использовании телефонной витой пары емкостью 0,052 мкФ/м, импедансе генератора 50 Ом, напряжении сигнала генератора 6 В и максимальном переходном шуме на ближнем конце 1 В.

Т а б л и ц а 4.16. Характеристики симметричных и несимметричных цепей стыка С2-ИС

Характеристика	Симметрич- ные цепи	Несимметрич- ные цепи
Максимальная длина линий, м	1200	1200
Максимальная скорость, Мбит/с	10	0,1
Уровень логических сигналов, В:		
лог. 1	$\leq -0,3$	$\leq -0,3$
лог. 0	$\leq 0,3$	$\leq 0,3$
Сопротивление согласования, Ом	≥ 75	≥ 75
Выходное сопротивление, Ом	< 100	< 50
Входное сопротивление, Ом	≥ 4000	≥ 4000
Время передачи 1 бита, нс	≥ 200	≥ 1000

Электрические характеристики стыка С2-ИС допускают возможность использования симметричных и несимметричных цепей в одном стыке. Например, симметричные цепи могут быть использованы в качестве цепей категорий данных и синхронизации, несимметричные цепи — в качестве цепей категории управления. Возможно соединить оборудование, использующее симметричные генераторы и приемники, с оборудованием, использующим несимметричные генераторы и приемники. При этом необходимо учитывать, что длина соединительного кабеля ограничивается характеристиками несимметричных цепей и что в оборудовании, использующем симметричные цепи, должно быть отключено согласующее сопротивление кабеля, если оно имеется.

4.3.4. Механические характеристики

В системах телеобработки данных, системах и сетях передачи данных наиболее широкое распространение получил 25-контактный соединитель, параметры которого стандартизованы МС 2110 и НМ МПК по ВТ 65-83. Гнездо соединителя должно использоваться в АПД (УПС, АБУ) на стороне, соединенной с ООД. Вилка соединителя должна использоваться в ООД на стороне, соединяемой с АПД.

Соответствие между контактами соединителя и номерами цепей стыка С2 для различных видов оборудования приведено в табл. 4.17. Контакты соединителя, не использованные в таблице, должны оставаться свободными.

4.3.5. Расширение стыка С2

Определенные в рекомендациях V.10, V.11, V.24, V.28, ГОСТ 18145-81, ГОСТ 23675-79¹ и описанные выше характеристики стыка С2 обеспечивают сопряжение АПД с оборудованием обработки данных: МПД, ПТД, АП или коммуникационным адаптером (см. рис. 4.1). В рекомендациях X.21бис и X.21 процедуры расширены с целью

¹ Переиздан в 1985 г. с изменениями.

Т а б л и ц а 4.17. Распределение номеров цепей-стыка С2

Номер контакта	Модем звуковой полосы				
	асинхронный		синхронный	параллельный	
	V.21	V.23	V.22, V.22бис, V.26, V.26бис, V.27, V.27бис, V.27тер, V.29	V.19, V.20 (центральная станция)	V.20** (удаленная станция)
1	*1	*1	*1	*1	*1
2	103	103	103	*5	192-A
3	104	104	104	A1*3	A1*4
4	105	105	105	A2*3	A2*4
5	106	106	106	A3*3	A3*4
6	107	107	107	A4*3	B1*4
7	102	102	102	131	B2*4
8	109	109	109	109	B3*4
9	H	H	H112**	C1*3	C1*4
10	H	H	H	C2*3	C2*4
11	126	H	H126**	C3*3	C3*4
12	B	122	122Б*9	C4*3	192-B
13	B	121	121Б*9	B1*3	*4
14	B	118	118Б*9	B2*3	125-A
15	B	*2	114	B3*3	125-B
16	B	119	119Б*9	B4*3	105-A
17	B	*2	115	191-A	105-B
18	141	141	141	191-B	129-A
19	B	120	120Б*9	130	129-B
20	108*12	108*12	108*12	105	119-A
21	140	140	140	125	119-B
22	125	125	125	108*12	107-A
23	H	111	111	107	107-B
24	H	H	113*11	102	108-A*12
25	142	142	142	124	108-B*12

П р и м е ч а н и е: H — позиции, зарезервированные для национальной стандартизации.

*1 Контакт 1 должен быть электрически соединен с корпусом оборудования в соответствии с правилами.

*2 Если синхронизация сигналов выполняется в УПС, то контакт 15 должен цепи 115.

*3 Позиции A1...A4, B1...B4 и C1...C4 используются для цепей приема

*4 Позиции A1...A4, B1...B4 и C1...C4 используются для цепей передачи и используются в качестве общего обратного провода для всех цепей «передача»

*5 Контакт 2 зарезервирован для национальной стандартизации. Когда

*6 Электрические свойства цепей данной графы — по рекомендации V.31 V.20. Все остальные цепи — по рекомендации V.28 МККТТ, за исключением

*7 Функции перечисленных цепей соответствуют рекомендациям X.24

*8 Относится только к рекомендациям V.22бис.

*9 Относится только к рекомендациям V.22 и V.22бис.

*10 Для УПС, работающих со встроенным автовызывным устройством.

*11 В некоторых странах контакт 24 используется для другой цепи, напри

*12 108/1 или 108/2.

во контактах соединителя для различных видов оборудования.

Сети общего пользования			УПС ТГ		АВУ	
Х.20бис	Х.21бис	Х.20*	Телекс	Другие	V.25	Телеко. С.16
*1	*1	*1	*1	*1	*1	*1
103	103	Т	103	103	211	211
104	104	Р	104	104	205	205
Б	105	Б	H202*10	—	202	202
106	106	Б	106	—	210	210
107	107	Б	107	—	213	213
102	102	Г	102	—	201	201
109	109	Б	109	—	Б	Б
Н	Н	Н	Н	—	Н	Н
Н	Н	Н	Н	—	Н	Н
Б	Н	Н	Н	—	Б	Б
Б	Б	Н	Б	—	Б	Б
Б	Б	Н	Б	—	204	204
Б	Б	Н	Б	—	206	206
Б	114	Н	Б	—	207	207
Б	Б	Н	Б	—	208	208
Б	115	Н	Б	—	209	209
141	141	Б	132	Б	Б	Б
Б	Б	Б	Б	—	Б	Б
108	108	Б	108/2	—	Б	Б
Н	Н	Б	Б	—	Б	Б
125	125	Б	125	125	203	203
Н	Н	Б	Н	Н	Н	Н
Н	Б	Б	Н	Н	Н	Н
142	142	Б	Б	Б	Б	Б

стандартизации; Б — позиции, зарезервированные для будущей международной

ния. Он может быть, кроме того, заземлен, если это предписано националь-
 быть использован для подключения цепи 114, а контакт 17 — для подключения

мых данных (цепи 104) в соответствии с распределением частот.
 мых данных (цепи 103) в соответствии с распределением частот. Контакт 13
 мые данные» (цепи 103).

цепь 110 находится в УПС, она использует контакт 2.
 МККТТ, за исключением цепи 192, соответствующей рекомендациям V.19 и
 цепи 191, соответствующей рекомендациям V.19 и V.20.
 МККТТ.

мер для цепи 116.

возможности подключения АПД с помощью аналоговых каналов к цифровым сетям.

В стыке С2 по Х.21бис используют восемь цепей, перечень которых приведен в табл. 4.18. Функции цепей определены в рекомендации Х.24, их электрические характеристики — в рекомендации Х.27; альтернативные электрические характеристики — в рекомендации Х.26.

Т а б л и ц а 4.18. Цепи стыка С2 по Х.21бис

Обозначение	Назначение	Направление	
		от АПД	от ООД
G	Сигнальная земля		
G _a	Общий возврат	+	
T	Передача	+	
R	Прием		+
C	Управление	+	
I	Индикация		+
S	Передача сигнальных элементов		+
B	Байтовая сигнализация		+

Общий характер функционирования цепей рассмотрим на примере установления соединения по инициативе АПД, передачи данных и разъединения. Если стык находится в состоянии готовности, в цепях Т, R, С и I постоянно удерживается состояние лог. 1 и АПД или ООД может инициировать установление соединения. Для этого ООД передает по цепи R знаки СИН. АПД устанавливает цепь С в состояние «Включено», а цепь Т в состояние «О», что вызывает переход стыка в состояние «Запрос соединения». Если ООД готово к приему адресной информации от АПД, оно передает знак СИН и вслед за ним последовательность знаков, переводящую стык в состояние выбора. В этом состоянии АПД передает адрес противоположной АПД, с которой нужно установить соединение. ООД отвечает сигналами об установлении соединения по цепи R. Передачу данных иницирует ООД путем включения цепи I. Процесс обмена данными (на содержимое которых Х.21бис не накладывает никаких ограничений) между двумя АПД происходит до тех пор, пока какая-либо АПД не выдаст запрос на разъединение соединения выключением цепи С. После этого АПД не может передавать данные, но она должна оставаться в готовности принимать данные ООД, пока ООД не закончит процесс разъединения выключением цепи I. Включение цепей Т и R переведет стык в состояние готовности.

Процедуры Х.21бис для выделенных каналов более просты. Изменения состояния цепи С или цепи I указывает на намерение соответствующей стороны стыка передать данные. Когда обе эти цепи переходят в состояние «Включено», стык переходит к процессу передачи данных. Следует заметить, что процедурные характеристики Х.21бис отличаются от описанных выше процедурных характеристик стыка С2 (V.24), даже если наборы цепей одинаковы.

Рекомендацию Х.21 часто называют спецификацией физического уровня, хотя фактически она содержит элементы всех трех нижних уровней эталонной модели ВОС, показанных на рис. 4.1. В отличие от Х.21бис рекомендация Х.21 обеспечивает совмещенную передачу

данных пользователя и информации управления аппаратурой всего по двум парам проводов. По одной паре, называемой цепью передачи, сигналы проходят от ООД к АПД, а по другой паре, называемой цепью приема, — от АПД к ООД. Кроме того, для определения состояний ООД и АПД в цепи управления (от ООД к АПД) и в цепи индикации (от АПД к ООД) используются логические уровни «Включено» и «Выключено» в сочетании с последовательностями дешифрованных данных в цепях передачи и приема. Например, ООД сигнализирует АПД о своем требовании вызова станции, устанавливая уровень «Включено» в цепи управления и нулевой уровень в цепи передачи. После этого АПД должна выполнить необходимые действия для оповещения сети о поступлении вызова.

Рекомендация X.21 охватывает также процедуры уровней звена данных и сетевого уровня, например установление позначной синхронизации посылкой последовательностей знаков СИН и адреса вызываемой станции в виде знаков кода МТК-5. При реализации процедур X.21 АПД должна обеспечить взаимодействие с сетью, не получая подробных инструкций от ООД. Такой подход отличается от методов, основанных на использовании большей части цепей (из 39) стыка C2 по V.24 для координации работы ООД и АПД.

Основное отличие X.21 от X.21бис состоит в том, что в X.21 используются цепи нового стыка X.24, а в X.21бис — цепи V.24. Кроме того, в X.21 сигналы управления кодируются знаками стандартного семиэлементного первичного кода V.3, а в X.21бис для каждого сигнала имеется отдельная цепь. Таким образом, сети с X.21 предоставляют пользователю все услуги новых изохронных цифровых сетей с коммутацией цепей данных, а сети с X.21бис — только часть этих услуг.

Из многих стандартов EIA, относящихся к стыку C2, следует выделить два, близкие к рекомендации V.24: RS-232C и RS-449. В стандарте RS-232C используется 25-контактный соединитель, в котором три контакта не определены и три зарезервированы для цепей тестирования, а в RS-449 — 37-контактный соединитель для первичного канала и 9-контактный для вторичного канала (при его необходимости). Стандарт RS-449 предусматривает большее по сравнению с RS-232C число проводов, поскольку он обеспечивает дополнительные функциональные возможности (например, выдачу сигналов «Терминал обслуживается» и «Индикация нового сигнала»). Каждый из этих стандартов вследствие присущих им принципиальных отличий в техническом подходе предусматривает большее по сравнению с X.21 число цепей. Например, в этих стандартах одна из цепей предназначена для индикации готовности или неготовности терминала к приему данных. В рекомендации X.21 состояние «Ожидание терминала данных» вводится после того, как цепь «Управление» переходит в состояние «Включено», а последовательность выборки, заканчивающаяся знаком «+», посылается по сети «Передаваемые данные». Обе цепи «Управление» и «Передаваемые данные» затем могут использоваться для этих целей.

Стандарт RS-423 частично заменяет RS-232C и допускает его использование в схемах цифровой передачи с нестабилизированным напряжением.

Стандарт RS-422 ориентирован на интерфейсные схемы со стабилизированным напряжением, которые позволяют достичь большей защищенности от шумов, снизить частоту появления ошибок и увеличить интервалы безошибочной связи. RS-422 обеспечивает высокоскоростную передачу двоичной информации.

Т а б л и ц а 4.19. Цепи стыка СЗ

Номер	Наименование	Категория	Направление		Назначение
			от АПД	к АПД	
1	Корпус	Заземление			Соединение экранирующей оплетки кабеля с корпусом прибора
2	Сигнальное заземление или общий обратный провод	»			Общий обратный провод для несимметричных цепей и установление эталонного потенциала постоянному току для симметричных цепей
3	Индикатор вызова	Управление	+		Указание о получении АПД сигнала вызова
4	ООД готово	»		+	Указание о готовности ООД к работе. Управление подсоединением к линии и отсоединением от линии УПС
5	АПД готова	»	+		Указание о готовности АПД к работе
6	Переключение скорости передачи данных	»		+	Переключение скорости (в случае синхронной АПД) и диапазона скоростей (в случае асинхронной АПД)
7	Источник ООД готов	»		+	Указание о готовности ООД передавать данные в передатчик АПД
8	Передатчик АПД готов	»	+		Указание о готовности передатчика АПД принимать данные от ООД и выдавать их в канал ПД
9	Управление передатчика АПД	»	+		Указание о готовности передатчика АПД принимать очередной знак данных от ООД

10	Управление источника ООД	»		+	Указание АПД о том, как воспринимать сигнал
11	Ошибка передатчика АПД	Контроль	+		Указание о наличии ошибки в знаке данных, получении АПД от ООД
12... 19	Данные источника ООД	Данные		+	Параллельная передача кодовой комбинации знака данных от АПД к ООД
20	Бит проверки и источника ООД	Контроль		+	Контроль правильности пересылки знака данных из АПД в ООД
21	Получатель ООД готов	Управление		+	Указание о готовности ООД принимать данные от АПД
22	Приемник АПД готов	»	+		Указание о готовности приемника АПД принимать из канала ПД данные и выдавать их в ООД
23	Управление получателя ООД	»		+	Указание о готовности ООД принять от АПД очередной знак данных
24	Управление приемника АПД	»	+		Указание получателю ООД о том, как воспринимать сигналы в цепях 26...33
25	Ошибка от получателя ООД	Контроль		+	Указание о наличии ошибки в знаке данных, полученном ООД от АПД
26... 33	Данные приемника АПД	Данные	+		Параллельная передача кодовой комбинации знака данных от ООД к АПД
34	Бит проверки приемника АПД	Контроль	+		Контроль правильности пересылки знака данных из ООД в АПД
35	Аварийная сигнализация	»	+		Сигнализация неисправленных нарушений передачи данных

Стандарт RS-485 имеет ряд усовершенствований по сравнению с RS-422: у него увеличены дальность связей, число точек в много-точечной конфигурации и еще более повышена помехоустойчивость. Механические характеристики RS-485 остались теми же, что и у RS-422. Стандарт RS-485 предусматривает следующие скорости передачи и соответствующие реализации линий связи:

Скорость, кбит/с	Вид линии связи
62,5	Одна витая пара
375	Одна витая пара
2400	Две витые пары

Стандарт предусматривает также применение 10-проводного плоского кабеля (в случае необходимости дополнительных связей по питанию и сигналов контроля) и допускает подсоединение до 250 узлов в физически распределенной области с дальностью связи от 30 м (для синхронной передачи) до нескольких километров (для работы с самосинхронизацией).

4.4. СТЫК СЗ

4.4.1. Стык с УЗО

Цепи стыка СЗ (см. рис. 4.1) между ООД и АПД, содержащей УЗО, при параллельном позначном вводе-выводе данных, а также цепи стыка по обе стороны промежуточного оборудования, которое может быть включено между ООД и АПД, соответствуют ГОСТ 18146—72¹. Стандарт применим к АПД симплексного, полудуплексного

Т а б л и ц а 4.20. Цепи стыка СЗ для каждого типа АПД

Номер	Тип АПД				Номер	Тип АПД			
	Симплекс		Полудуплекс	Дуплекс		Симплекс		Полудуплекс	Дуплекс
	Пере-дат-чик	При-емник				Пере-дат-чик	При-емник		
1	О	О	О	О	12...	О	—	О	О
2	О	О	О	О	10				
3	Н	Н	Н	Н	20	Н	—	О	О
4	О	О	О	О	21	—	—	О	—
5	О	О	О	О	22	—	—	О	—
6	Н	Н	Н	Н	23	—	О	О	О
7	—	—	О	—	24	—	О	О	О
8	—	—	О	—	25	—	Н	Н	Н
9	О	—	О	О	26...	—	О	О	О
10	О	—	О	О	33				
11	Н	—	Н	Н	34	—	Н	Н	Н
					35	Н	Н	Н	Н

Примечание. Н — необязательно; О — обязательно.

¹ Переиздан в 1984 г. с изменениями.

и дуплексного типа. Стандарт не распространяется на АПД, основанную на параллельном позначном способе передачи данных по каналам связи. Перечень цепей стыка СЗ, их категория, направление и назначение указаны в табл. 4.19.

Указания по выбору из всей перечисленной номенклатуры цепей для каждого типа АПД (симплексной, полудуплексной, дуплексной) приведены в табл. 4.20. Схемы соединения всех цепей стыка, электрические параметры сигналов, напряжение генератора сигналов и длина кабелей должны соответствовать параметрам используемого стыка С2. Технические требования и правила взаимодействия всех цепей стыка СЗ также установлены в ГОСТ 18146—72.

4.4.2. Стык с ГУЗО

Стык между групповыми устройствами защиты от ошибок (ГУЗО) и внешними устройствами (ВУ) по отношению к ГУЗО, а также единые принципы обмена информацией между ГУЗО и ВУ, в частности номенклатура цепей, их взаимодействие и электрические параметры сигналов, установлены в ГОСТ 25202—82. Стандарт не определяет параметров стыка ГУЗО с ООД.

К ВУ относятся групповая АПД без повышения достоверности, групповая аппаратура сопряжения с импульсными каналами, УПС для каналов ШП, аппаратура обслуживания и др.

4.5. ИНТЕРФЕЙС X.25 И ЕГО РАСШИРЕНИЯ

4.5.1. Общая характеристика

Первая редакция рекомендации X.25 была принята МККТТ в 1976 г., вторая, уточненная редакция X.25 была утверждена в 1980 г. Эта редакция легла в основу ГОСТ 26556—85. В 1984 г. вышла третья, существенно переработанная редакция X.25.

Рекомендация X.25 охватывает все три уровня архитектуры сетей передачи данных и состоит из трех частей. Первая часть, касающаяся физического уровня, ссылается на рекомендации X.21 и X.21 бис, краткое рассмотрение которых приведено в § 4.3.5. Вторая часть описывает процедуры управления звеном данных: сбалансированную LARV и несбалансированную LAR. Третья часть содержит определение интерфейса (услуг) и протокола третьего пакетного уровня сети передачи данных и является основной в рекомендации X.25. Структура интерфейса X.25 представлена на рис. 4.5.

Редакция 1984 г. рекомендации X.25 имеет ряд существенных отличий (во всех трех частях) от предыдущей второй редакции. В первой части конкретизированы и уточнены ссылки на рекомендации X.21, X.21бис и интерфейсы серии V. Во второй части введен расширенный формат кадра процедур управления звеном данных; введены процедуры многозвенного управления; выделены в отдельные разделы и более подробно описаны несбалансированные процедуры LAR; уточнены функции тайм-аутов. В третьей части исключен из рассмотрения датаграммный режим; введены новые типы пакетов регистрации; расширены и уточнены процедуры факультативных средств обслуживания пользователей; уточнены форматы пакетов, функции тайм-аутов.

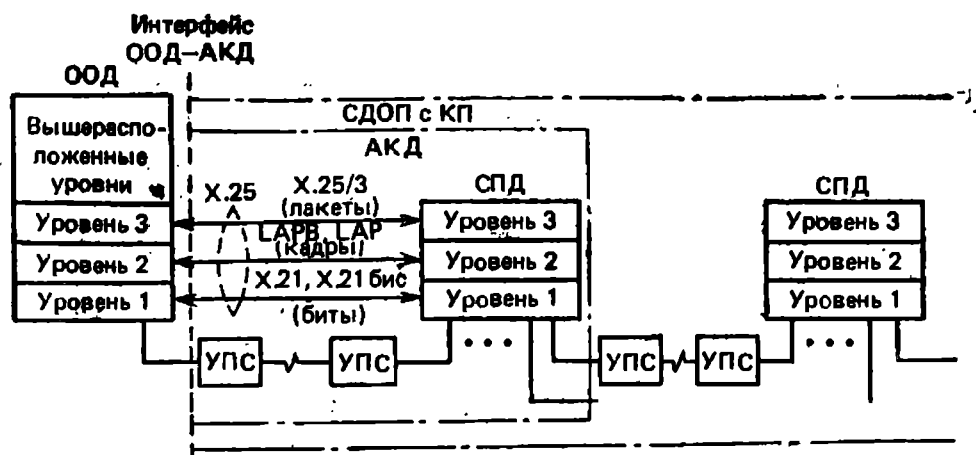


Рис. 4.5. Структура интерфейса X.25:

СДОП с КП — сеть данных общего пользования с коммутацией пакетов

4.5.2. Службы и процедуры

Пакетный уровень рекомендации X.25 определяет два вида служб для ООД:

службу виртуальных соединений (ВС), обеспечивающую установление ВС между двумя взаимодействующими ООД, обмен данными по ВС и разъединение ВС после окончания сеанса обмена данными;

службу постоянных виртуальных каналов (ПВК), которые существуют постоянно между взаимодействующими ООД и в процессе работы лишь изменяют свои состояния.

Для организации нескольких одновременных ВС и/или ПВК используются логические каналы (ЛК). Каждому ВС и каждому ПВК присваивается номер группы логических каналов (от 1 до 15) и номер логического канала (от 16 до 255).

Для обмена информацией через интерфейс между ООД и АКД в каждой службе используются процедуры установления и завершения ВС, передачи данных и прерываний, управления потоком и сброса, повторного пуска (рестарта), диагностики и регистрации. Данные и управляющая информация передаются через интерфейс между ООД и АКД в виде пакетов строго заданного формата.

Типы процедур каждой службы и используемые при этом типы пакетов приведены в табл. 4.21.

Процедура установления ВС может инициироваться со стороны ООД передачей пакета «Запрос соединения», в ответ на который АКД должна передать пакет «Входящий вызов». Если вызываемое ООД не принимает вызов передачей пакета «Вызов принят» или не отвергает его передачей пакета «Запрос разъединения» в течение установленного тайм-аута, АКД должна рассматривать это как процедурную ошибку на вызываемом ООД и разъединить ВС. Если вызываемое ООД принимает вызов, то вызывающее ООД должно получить пакет «Соединение установлено» с тем же номером ЛК, что и в пакете «Вызов принят». В случае встречных вызовов по одному и тому же ЛК АКД должна принять запрос соединения и аннулировать свой вызов.

Процедура разъединения ВС может быть инициирована в любой момент времени со стороны ООД передачей пакета «Запрос разъединения».

Т а б л и ц а 4.21. Типы пакетов и процедур службы Х.25

Тип пакета		Код октета 3	Служба	
от АКД к ООД	от ООД к АКД		ВС	ПВК
Установление и разъединение соединения				
Входящий вызов	Запрос соединения	00001011	+	
Соединение установ- лено	Вызов принят	00001111	+	
Индикация разъеди- нения	Запрос разъединения	00010011	+	
Подтверждение разъ- единения АКД	Подтверждение разъ- единения ООД	00010111	+	
Данные и прерывания				
Данные АКД	Данные ООД	XXXXXXX0	+	+
Прерывание АКД	Прерывание ООД	00100011	+	+
Подтверждение пре- рывания АКД	Подтверждение пре- рывания ООД	00100111	+	+
Управление потоком и сброс				
АКД ГПР (модуль 8)	ООД ГПР (модуль 8)	XXX00001	+	+
АКД ГПР (модуль 128)*	ООД ГПР (модуль 128)*	00000001	+	+
АКД НГПР (мо- дуль 8)	ООД НГПР (модуль 8)	XXX00101	+	+
АКД НГПР (модуль 128)*	ООД НГПР (модуль 128)	00000101	+	+
	ООД НПР (модуль 8)*	XXX01001	+	+
	ООД НПР (модуль 128*)	00001001	+	+
Индикация сброса	Запрос сброса	00011011	+	+
Подтверждение сбро- са АКД	Подтверждение сбро- са ООД	00011111	+	+
Повторный пуск				
Индикация повторно- го пуска	Запрос повторного пуска	11111011	+	+
Подтверждение по- вторного пуска АКД	Подтверждение по- вторного пуска ООД	11111111	+	+
Диагностика				
Диагностика*	—	11110001	+	+
Регистрация*				
—	Запрос регистрации	11110011	+	+
Подтверждение ре- гистрации	—	11110111	+	+

Примечание. ГПР — готов к приему; НГПР — не готов к приему; НПР — неприем.

* Эти типы пакетов необязательны.

нения». При готовности освободить ЛК АКД должна передать в ответ пакет «Подтверждение разъединения АКД». Вызывающее ООД может преждевременно прервать вызов посылкой пакета «Запрос разъединения» до получения пакета «Соединение установлено» или «Индикация разъединения». АКД также может инициировать разъединение передачей пакета «Индикация разъединения», на который ООД должно ответить пакетом «Подтверждение разъединения ООД». Встречное разъединение происходит при одновременной встречной передаче по одному ЛК пакетов запроса и индикации разъединения со стороны ООД и АКД соответственно. В этом случае процедура разъединения считается законченной и АКД не должна ожидать и передавать пакет подтверждения. АКД передает пакет «Индикация разъединения» также в ответ на пакет «Запрос соединения», если соединение не может быть установлено.

Процедуры передачи данных применимы независимо для каждого ЛК, закрепленного за ВС или ПВК. При нормальной работе сети данные пользователя в пакетах данных и прерываний передаются без преобразований в сети при взаимодействии пакетных ООД. Для указания необходимости уведомления о доставке пакета адресуемому ООД в заголовке пакета используется бит подтверждения доставки (бит D). При передаче в одном направлении непрерывной последовательности нескольких пакетов «Данные» используется бит дополнительных данных (бит M). Бит M совместно с битом D определяет возможность объединения пакетов различных категорий на другом конце ВС или ПВК. В некоторых случаях для различения двух видов передаваемой информации (например, данных и управляющей информации) в заголовке пакета может использоваться бит идентификации (бит Q).

В *процедуре управления потоком* во избежание потери пакетов и их дублирования пакеты нумеруются при передаче и на приеме по модулю 8 или 128 с присвоением порядковых номеров передачи $N_{\text{пд}}$ и приема $N_{\text{пм}}$. На интерфейсе между ООД и АКД для ЛК, используемого для ВС или ПВК, вводится понятие «окно», определяемое как диапазон порядковых номеров $N_{\text{пд}}$ в пакетах «Данные», которые разрешено передать через интерфейс до получения подтверждения. Стандартный размер окна равен 2 для каждого направления передачи. Нестандартный размер окна может быть временно выбран для всех ВС и для каждого ПВК. Первый передаваемый пакет «Данные» должен иметь $N_{\text{пд}}=0$. Пакеты, порядковые номера которых выходят за границы окна, не должны передаваться через интерфейс между ООД и АКД.

Номер $N_{\text{пм}}$ может быть передан в пакетах «Данные», «Готов к приему» и «Не готов к приему». Посредством этого номера приемная сторона информирует передающую о возможности посылки новых пакетов «Данные».

Процедура прерывания позволяет ООД передавать данные удаленному ООД, не следуя процедуре управления потоком, и может использоваться только в состоянии готовности управления потоком в рамках состояния передачи данных. Процедура прерывания не оказывает никакого влияния на процедуры передачи и управления потоком пакетов данных, передаваемых по ВС или ПВК.

Процедура сброса используется для повторной инициации ВС или ПВК; при этом в каждом направлении передачи аннулируются все пакеты данных и прерываний, которые могут находиться в сети, а номера $N_{\text{пд}}$ и $N_{\text{пм}}$ каждого направления передачи устанавливаются в нуль.

Процедура повторного пуска одновременно разъединяет все ВС и возвращает в исходное состояние все ПВК. ООД может инициировать повторный пуск передач через стык ООД — АКД пакета «Запрос повторного пуска», в ответ на который АКД должна передать пакет «Подтверждение повторного пуска». АКД может инициировать повторный пуск передач пакета «Индикация повторного пуска АКД», после чего АКД не должна воспринимать никаких пакетов за исключением пакетов «Запрос повторного пуска» и «Подтверждение повторного пуска». В ответ ООД должно выдать пакет «Подтверждение повторного пуска ООД». В случае одновременной инициации повторного пуска с обеих сторон процедура повторного пуска может считаться законченной без выдачи и ожидания подтверждающих пакетов на обеих сторонах.

Пакет «Диагностика» используется некоторыми сетями для указания наличия ошибочных ситуаций в тех случаях, когда обычные методы информирования о таких ситуациях неприемлемы или неудобны. Будучи выдан из АКД, этот пакет несет информацию о таких ошибочных ситуациях, которые неустранимы на пакетном уровне X.25. Содержащаяся в этом пакете информация дает возможность проанализировать ошибку и в ряде случаев устранить ее на более высоком уровне ООД.

Процедура регистрации используется ООД при необходимости согласования с АКД вопроса использования факультативных средств обслуживания пользователя или прекращения ранее установленного соглашения.

4.5.3. Форматы пакетов

Каждый пакет, передаваемый через интерфейс между ООД и АКД, состоит, по меньшей мере, из трех октетов, в которых содержатся идентификатор общего формата, номера каналов и идентификатор типа пакета. Во всех октетах биты, расположенные левее и имеющие большие номера, являются старшими (имеют больший вес) по отношению к битам, расположенным справа от них с меньшими номерами.

Поле идентификатора общего формата используется для указания общего формата остальной части заголовка пакета. Кодирование этого поля для различных типов пакета приведено в табл. 4.22. Кодирование поля идентификатора типа пакета (октет 3) приведено в табл. 4.21.

Формат пакетов «Запрос соединения» и «Входящий вызов» показан на рис. 4.6. В пятом и, возможно, последующих октетах формата содержится адрес вызываемого ООД и далее — адрес вызывающего ООД, если он имеется. Каждая цифра адреса представлена в полуоктете в двоично-десятичном коде и, таким образом, в одном октете расположены две десятичные цифры. На рис. 4.6 это поле изображено в предположении, что общее число десятичных цифр адреса(ов) ООД — нечетное, в связи с чем последний полуоктет поля заполнен нулями.

Поле услуг имеется только в том случае, когда ООД использует факультативную услугу пользователя, на которую необходимо указать в пакетах «Запрос соединения» и «Входящий вызов». Поле услуг содержит целое число пакетов, не превышающее 63.

Поле данных вызывающего пользователя, если оно имеется, имеет длину, равную 16 октетам.

Пакеты «Вызов принят» и «Соединение установлено» могут иметь базовый и расширенный форматы. Расширенный формат этих

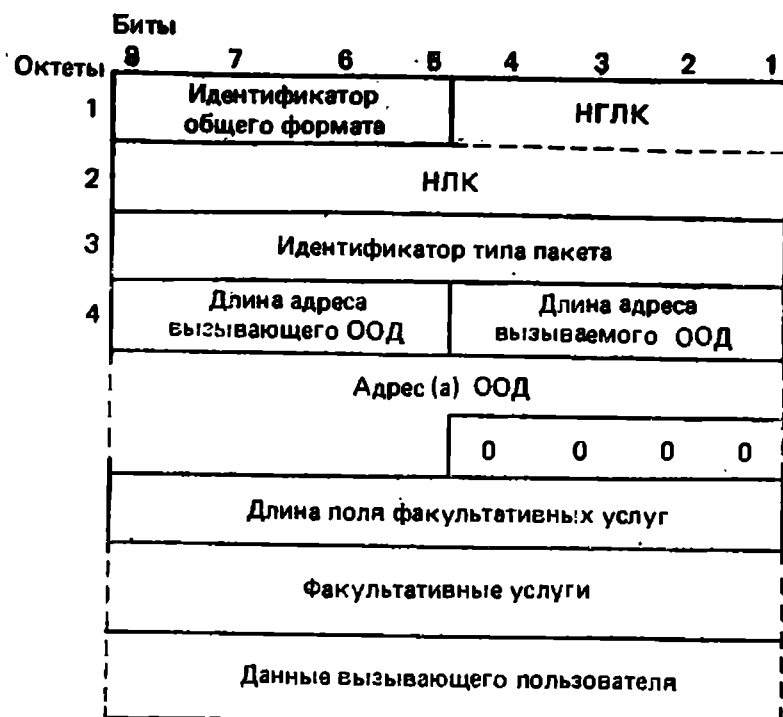


Рис. 4.6. Формат пакетов «Запрос соединения», «Входящий вызов»

Т а б л и ц а 4.22. Кодирование поля идентификатора общего формата пакетов X.25

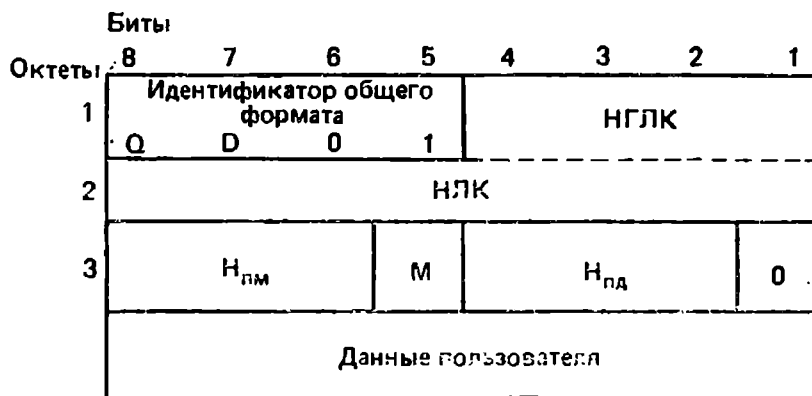
Тип пакета	Нумера- ция по модулю	Октейт 1			
		биты			
		8	7	6	5
Устаиовление соединения	8	0	X	0	1
	128	0	X	1	0
Завершение соединения, управле- ние потоком, прерывание, сброс, повторный пуск, диагностика, ре- гистрация	8	0	0	0	1
	128	0	0	1	0
Данные	8	X	X	0	1
	128	X	X	1	0
Расширение идентификатора об- щего формата	—	0	0	1	1
—	—	N	N	0	0

П р и м е ч а н и я: 1. Знак X — значение 0 или 1; N — значение не опре-
делено. 2. Кодовые комбинации последней строки зарезервированы для буду-
щих применений.

пакетов соответствует рис. 4.6. В базовом формате поле данных пользователя отсутствует, а поля длин адресов ООД (октет 4) не являются обязательными в пакете «Вызов принят».

В формате пакетов «Запрос разъединения» и «Индикация разъединения» после октета 3 введено два дополнительных октета «Причина разъединения» и «Диагностический код» (необязательный в пакете «Запрос разъединения»). В этих полях содержится код причины завершения соединения и дополнительная информация о причине завершения. Остальные поля формата аналогичны полям пакетов «Вызов принят» и «Соединение установлено».

Формат пакетов «Подтверждение разъединения ООД/АКД» соответствует рис. 4.6, за исключением следующих случаев: поле данных пользователя отсутствует; поле длин адресов (октет 4) используется только в расширенном формате пакета «Подтверждение разъединения АКД».



а)



б)

Рис. 4.7. Форматы пакетов «Данные ООД» (а) и «Данные АКД» (б)

Формат пакетов «Данные ООД» и «Данные АКД» показан на рис. 4.7, а для нумерации по модулю 8 и на рис. 4.7, б для нумерации по модулю 128.

Пакеты «Прерывание ООД/АКД» состоят из четырех октетов:

три первых октета те же, что и на рис. 4.6, в четвертом октете содержатся данные пользователя и прерывание.

Пакеты «Подтверждение прерывания ООД/АКД», «Подтверждение сброса ООД/АКД» и «Подтверждение повторного пуска ООД/АКД» состоят из трех октетов, соответствующих трем первым октетам рис. 4.6.

Пакеты ГПР ООД/АКД и НГПР ООД/АКД могут иметь основной формат (модуль 8) из трех октетов и расширенный формат (модуль 128) из четырех октетов. В основном формате два первых октета те же, что и на рис. 4.6, третий октет для пакетов ГПР имеет формат $N_{\text{пм}} 00001$, для пакетов НГПР — $N_{\text{пм}} 00101$. В расширенном формате три первых октета те же, что и на рис. 4.6, в четвертом октете семь старших разрядов занимают номер $N_{\text{пм}}$, младший разряд установлен в нуль.

Пакеты «Запрос сброса», «Индикация сброса», «Запрос повторного пуска» и «Индикация повторного пуска» состоят из пяти октетов: три первых октета те же, что и на рис. 4.6, в четвертом октете содержится код причины сброса (повторного пуска), в пятом — диагностический код (необязательный для пакетов запроса).

Аналогичный формат имеет пакет «Диагностика», с тем отличием, что в четвертом и пятом октетах содержится диагностический код и дополнительная диагностическая информация.

В пакете «Запрос регистрации» после трех первых октетов стандартного формата (рис. 4.6) следуют поля «Длина адреса ООД» (4 разряда), «Длина адреса АКД» (4 разряда), «Адрес(а) ООД и АКД», «Длина поля регистрации» (7 разрядов) и при необходимости (ООД желает установить или прекратить с АКД соглашение о факультативных услугах) — «Поле регистрации». Длина последнего не должна превышать 109 октетов. Формат пакета «Подтверждение регистрации» отличается от предыдущего тем, что после первых трех октетов введены два дополнительных: «Причина» и «Диагностика», в которых содержится причина отказа от согласования или подтверждения согласования услуг.

Помимо перечисленных выше возможностей, рекомендация X.25 предусматривает набор дополнительных, необязательных для каждого применения, средств и услуг, которые сеть передачи данных может предоставить на определенный период времени своему пользователю по запросу ООД и согласованию с АКД.

4.5.4. Развитие и расширение X.25

Несмотря на более чем 10-летний срок работ над созданием интерфейса X.25 и широкое его применение во многих сетях, его совершенствование и развитие не закончены и продолжают как в МККТТ, так и в МОС. В стадии разработки находится четвертая редакция X.25 [4.4]. В новой редакции предполагается расширить набор факультативных услуг пользователям сети, уточнить форматы и коды полей факультативных услуг, уточнить и детализировать вопросы влияния двух нижних уровней на пакетный уровень, дать привязку к работам МОС, относящимся ко второму и третьему уровням X.25 (МС: 7776, 8208, 8878). Новая редакция X.25 должна расширить возможности подключения ООД к сети и возможности доступа со стороны ООД как к сети СДОП с КП, так и непосредственно к другому ООД, работающему по X.25 (с учетом МС 8208). Предполагается также определить способ отображения услуг сетевого уровня

ВОС, определенных в X.213, на протокол пакетного уровня X.25 (с учетом МС 8878).

После принятия интерфейса X.25 в МККТТ разработаны три новые рекомендации: X.3, X.28 и X.29, относящиеся к организации интерфейса интерактивных терминалов с СДОП и представляющие собой, по существу, расширение интерфейса X.25. В развитие рекомендации X.25 МККТТ разработал также рекомендации X.75 и X.32.

Рекомендация X.75 определила параметры сопряжения СДОП между собой. Процедуры X.75 основаны на аналогичных процедурах X.25, но имеют ряд существенных отличий: в X.75 не используются постоянные виртуальные каналы; введены дополнительные процедуры для обмена управляющей информацией, касающейся учета трафика, накопления статистики и др.; учтены требования международной нумерации для организации взаимосвязи между абонентами различных национальных сетей.

Рекомендация X.32, опубликованная в декабре 1986 г., определила функциональные и процедурные аспекты интерфейса ООД—АКД для оконечных установок пакетного режима (классы которых определены в X.1 и X.10), имеющих доступ к СДОП с КП через коммутируемые сети общего пользования — коммутируемую телефонную сеть общего пользования (ТФОП или СДОП с коммутацией каналов).

Рекомендация X.32 так же, как и X.25, определила три уровня интерфейса. На физическом уровне при работе с ТФОП интерфейс ООД—АКД совпадает с интерфейсом ООД—АПД (рекомендации серии V), а при работе через СДОП с коммутацией каналов — с интерфейсом X.21 или X.21 бис. На уровне звена данных используется процедура LARV X.25, дополненная средствами работы по полудуплексному звену. На пакетном уровне используются третья часть X.25 с некоторыми уточнениями и дополнениями процедур и факультативных услуг пользователя.

Глава 5

Интерфейсы программируемых приборов

5.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

5.1.1. Общие сведения

Интерфейсы приборов (или приборные интерфейсы) предназначены для построения различных систем и комплексов: информационной измерительной системы (ИИС), измерительно-вычислительного комплекса (ИВК), управляющего вычислительного комплекса (УВК) и т. п., использующих в основном программируемые приборы и устройства. Практически все изготовители мннн- и микроЭВМ, в том числе ПЭВМ, выпускают контроллеры различных типов для приборных интерфейсов.

Приборные интерфейсы разработаны фирмой HP (Hewlett-Packard), а затем доработаны IEEE, МЭК, СЭВ и Госстандартом до соответствующих стандартов и их проектов (табл. 5.1).

Основные особенности приборных интерфейсов: отсутствие ограничений на конструктивную реализацию, способы построения уст-

Таблица 5.1. Действующие НТД по приборным интерфейсам

Краткое наименование	Обозначение				
	НР	IEEE	IEC	СЭВ	ГОСТ
Система интерфейса с параллельным обменом информацией	НР-IB	488	625—1	2740—80	26.003.80*
Коды и форматы сообщений устройств	—	—	625—2	2740—80	26.003—80
Система интерфейса с последовательным обменом информацией	НР-IL	—	Проект 625—1 Serial	Проект	—

* Переиздан в 1985 г.

роЙств и объединения их в систему; определение только пассивной магистрали, по которой осуществляется обмен информацией; размещение всех активных цепей, обеспечивающих обмен по магистрали, на печатных платах.

В приборных интерфейсах нормализованы: логическая организация, электрические сигналы, разъемы и терминология. Логический стандарт нормализует все функции сигналов, их временные зависимости и расположение на контактах разъемов.

Основной спецификацией приборных интерфейсов является публикация МЭК 625—1 и дополняющая ее публикация МЭК 625—2. Переизданный в 1985 г. ГОСТ 26.003—80 полностью соответствует СТ СЭВ 2740—80. Стандарт устанавливает все основные требования к обмену информацией; предусматривает бит-параллельный, байт-последовательный асинхронный способ обмена информацией на расстоянии не более 20 м при произвольном распределении участков кабеля между устройствами, число которых не должно превышать 15. При определенных конфигурациях интерфейсных систем и режимах работы скорость передачи данных может достигать 1 Мбайт/с.

При построении сосредоточенных и рассредоточенных систем на основе интерфейса МЭК 625—1 широко используются параллельные расширители магистрали (до 300 м).

В настоящее время стандарт МЭК 625—1 модифицируется комитетом ТК65/МЭК («IEC 625—1, 198X — вторая редакция») для использования в качестве внутривидеочного интерфейса модульной системы, реализованной в 19-дюймовом крейте в соответствии со стандартом NIM 547.

Для расширения области применения приборного интерфейса рабочей группой ТК65 разрабатывается на основе предложенного фирмой НР последовательного приборного интерфейса НР-IL (токовая петля фирмы НР) стандарт IEC 625—1 Serial. Разрабатываемый стандарт обеспечивает максимальную совместимость с IEC 625—1. Аналогичный стандарт разрабатывается в СЭВ.

5.1.2. Основные термины

Терминология регламентирована ГОСТ 26.003—80 и соответствует публикациям «ТК66 (Центральное бюро «22» и ТК66/РГЗ (секретариат) 23».

Программируемое устройство — устройство, способное принимать данные через интерфейс для изменения состояния своих внутренних цепей.

Дистанционное управление — метод программирования устройства через его внешние электрические разъемы.

Местное ручное управление — метод программирования устройства с помощью ручек управления, расположенных на его передней (или задней) панели.

Команда — информация, которая вызывает определенное действие в устройстве.

Однолинейное сообщение — сообщение, получаемое (передаваемое) по одной линии сигналов.

Многолинейное сообщение — сообщение, получаемое (передаваемое) по двум и более линиям сигналов.

Контроллер — устройство управления системой, которое может адресовать другие устройства для приема, передачи или посылать интерфейсные сообщения для управления определенными действиями в других устройствах.

Интерфейс — стыкующая часть (плата, блок), расположенная между устройствами системы или частями одного устройства, через которую проходит обмен информацией.

Система интерфейса — совокупность механических, электрических, информационных и зависящих от устройства функциональных элементов, которые необходимы для взаимодействия устройств в системе.

5.1.3. Интерфейсные БИС

Для приборного интерфейса разработан целый ряд БИС и схем поддержки. Схемы оптимизированы для соответствующих семейств микропроцессоров, в том числе для Intel 8085А, 8086, 8088 и серий К580/К1810 (БИС типа 8291 обладает повышенными производительностью и скоростью при работе с микропроцессором (МП) 8086 с частотой 8 МГц; БИС типа 8292 выполняет функции контроллера; БИС типа 8293—8-разрядный драйвер), для TMS 9900 (TMS 9914 является первым прибором, в котором реализованы все стандартные функции источника/приемника/контроллера (И/П/К)).

Большинство интерфейсных БИС непосредственно сопрягается с МП различной организации.

Для реализации интерфейсной части контроллеров приборного интерфейса требуется три-четыре интерфейсных БИС, которые заменяют обычно от 40 до 60 интегральных микросхем (ИМС) малой и средней степени интеграции, используемых в контроллерах МЭК 625—1 для мини- и микроЭВМ. Следующим шагом является создание одной БИС, реализующей функции И/П/К/драйвера шин.

5.1.4. Программное обеспечение

Программное обеспечение, поддерживающее функционирование контроллеров приборного интерфейса для мини- и микроЭВМ, позволяет использовать интерпретаторы и компиляторы языков высокого уровня, главным образом языков Бейсик, Фортран-77, Паскаль.

Пакеты прикладных программ поддерживают следующие основные функции канала общего пользования (КОП): вторичную адресацию, последовательный и параллельный опрос, тестирование и генерирование сигналов запросов на прерывание, быстрый мультбайтовый ввод данных со скоростью до 20 кбайт/с, посылку кодов команд общего назначения.

5.2. ИНТЕРФЕЙС ПРИБОРНОЙ МАГИСТРАЛИ ПО ГОСТ 26.003—80

5.2.1. Общая характеристика

Интерфейс в основном предназначен для соединения программируемых и непрограммируемых электронных устройств, применяемых в лабораторных или цеховых условиях, в которых используется бит-параллельный, байт-последовательный асинхронный способ обмена информацией, и устанавливает основные требования к обмену цифровой информацией.

Термины и перечень обозначений эквивалентны публикациям МЭК 625—1 и МЭК 625—2.

Соединение устройств осуществляется через многопроводный магистральный КОП. Общая длина КОП не превышает 20 м. Число подсоединяемых к КОП устройств — не более 15. При этом не менее половины всех устройств должно находиться в состоянии «Питание включено».

Общее число адресов источников и приемников информации в системе не должно превышать 31 при однобайтовой и 961 при двухбайтовой адресации.

Интерфейс обеспечивает работу устройств:

на расстоянии до 20 м при максимальных скоростях 250 кбайт/с и 500 кбайт/с при использовании соответственно передатчиков с открытым коллектором и на три состояния с втекающим током не менее 48 мА;

на расстоянии до 1 м при максимальной скорости 1000 кбайт/с при использовании передатчиков на три состояния с втекающим током не менее 48 мА.

Особенностью интерфейса является отсутствие ограничений на конструктивную реализацию и способы построения устройств, а также на способы объединения их в систему. Определена только магистраль, по которой происходит обмен информацией, синхронизация и управление. Магистраль полностью пассивная. Все активные цепи, по которым выдают управляющую информацию и осуществляют прием и передачу информации, размещаются на печатных платах устройств.

Сочетание активных цепей и магистрали, выполняемой обычно в виде кабеля того или иного типа, на каждом конце которого имеется двухсторонний разъем с винтовыми зажимами, образует собственно магистраль. Конструкция разъема обеспечивает установку одного разъема на другой, что позволяет собирать системы произвольной конфигурации: однолинейной, в виде звезды и т. п.

По характеру взаимодействия с магистралью устанавливаются четыре группы функциональных устройств: контроллер (К), источник (И), приемник (П), источник-приемник (ИП).

5.2.2. Логическая организация

Функциональные устройства соединяются с помощью 24 силовых линий; по 8 линиям передается сигнальный ноль, причем 6 из них образуют с сигнальными шинами передачи и управления витые пары для повышения помехоустойчивости. Основные 16 линий магистрали по функциональному назначению подразделяются на три отдельные шины. Наименование шин и линий и их распределение по контактам разъема приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2. Линии интерфейса КОП (ГОСТ 26.003—80)

Наименование	Обозначение		Контакт К/СП
	русское	международное	
<i>Шина данных</i>	ЛД0...ЛД7	DIO1...DIO8	1, 3, 5, 7, 2, 6, 8
<i>Шина синхронизации</i>	ШС	—	—
Готов к приему	ГП	NRED	13/14
Данные приняты	ДП	NDAC	15/16
Сопровождение данных	СД	DAV	11/12
<i>Шина управления</i>	ШУ	—	—
Управление	УП	ATN	21/22
Конец передачи	КП	EOI	9
Запрос на обслуживание	ЗО	SRQ	19/20
Очистить интерфейс	ОИ	IFC	17/18
Дистанционное управление	ДУ	REN	10

Примечание. 23-й контакт — экран; 24-й — логическая земля; СП — скрученная пара.

Шины данных (ШД) используются для передачи (приема) адресных, программных, управляющих, основных данных и данных о состоянии. Тип информации, передаваемой по ШД, определяется состоянием линий УП. Период времени, в течение которого информация действительна на ШД, зависит от наличия сигналов на линии СД.

Шина синхронизации (ШС) управляет передачей информации по ШД посредством трех линий: ГП, СД, ДП. *Линия СД* переводится в низкое состояние передающим устройством, указывая на достоверность байта на ШД. *Линия ГП* управляется устройствами, адресованными на прием. Высокое состояние линии указывает, что приемники готовы к приему информации. Устройства, не адресованные на прием, должны постоянно поддерживать высокое состояние линии ГП. *Линия ДП* управляется всеми устройствами, когда линия УП имеет низкое состояние, или теми устройствами, которые адресованы на прием, когда линия УП имеет высокое состояние. Наличие сигнала на линии ДП (высокое состояние) указывает на конец приема информации приемниками.

Шина управления (ШУ) используется для передачи управляющих сигналов между К и другими устройствами с помощью линий УП, КП, ОИ, ДУ, ЗО. Выдача сигналов на *линию УП* осуществляется только устройством, выполняющим в данный момент функцию К в

системе. При высоком состоянии линии УП в обмене участвуют только устройства, которые были адресованы во время низкого состояния линии УП. На передачу может быть включено не более одного устройства, а на прием — более одного устройства (без ограничений). Линия КП устанавливается в низкое состояние передатчиком параллельно с передачей последнего байта данных, сигнализируя, что данных больше нет, а также устройством управления при реализации им параллельного опроса (в этом случае КП интерпретируется как «идентификация» — ИДТ). Линия ОИ используется при запуске системы. Когда сигнал на ней переходит в низкое состояние, прекраща-

Т а б л и ц а 5.3. Сообщения, передаваемые через КОП

Наименование	Обозначение	
	русское	международное
<i>Команды</i>		
<i>Группа универсальных команд</i>	ГУК	UCG
Сброс универсальный	СБУ	DCL
Запирание местного управления	ЗПМ	LLO
Отпирание последовательного опроса	ОПО	SPE
Запирание последовательного опроса	ЗПО	SPD
Деконфигурация параллельного опроса	ДПР	PPU
<i>Группа адресных команд</i>	ГАК	AGG
Запуск устройства	ЗАП	GET
Переход на местное управление	ПНМ	GTL
Конфигурация параллельного опроса	КПР	PPC
Сброс адресный	СБА	SDC
Взять управление	ВУП	TCT
<i>Группа адресов приемников</i>	ГАП	LAG
Не принимать	НПМ	UNL
<i>Группа адресов источников</i>	ГАИ	TAG
Не передавать	ННД	UNT
<i>Группа вторичных команд</i>	ГВК	SCG
Отпирание параллельного опроса	ОПР	PPE
Запирание параллельного опроса	ЗПР	PPD
<i>Состояние устройств</i>		
Реакция на параллельный опрос (ответ от устройств 1—8)	РОП	PPR1—PPR8
Обслуживание запрашивается (ответ устройства при последовательном опросе)	ОБЗ	RQS
Байт состояния	БТС	STB
<i>Сообщения устройств</i>		
Байт данных	БТД	DAB
Конец строки (последовательности)	КСТ	EOS
Нулевой байт	ПУС	NUL

ется вся работа КОП и все устройства освобождают себя от адресов и переходят в состояние холостого хода. *Линия ДУ* (низкое состояние) разрешает переключение управления с «местного» на «дистанционное». При высоком состоянии линии ДУ устройство должно находиться в «местном» управлении.

Все сообщения, передаваемые через КОП, подразделяются на классы: интерфейсные сообщения, состояние устройств и сообщения устройств (табл. 5.3).

Интерфейсные сообщения (команды) используются для управления функциями интерфейса и кодируются в соответствии с табл. 5.3.

Группа универсальных команд (ГУК) — команды, вызывающие соответствующее действие одновременно во всех устройствах.

Группа адресных команд (ГАК) — команды, вызывающие соответствующее действие только в устройствах, запомнивших свой адрес.

Группа адресов приемников (ГАП) — команды, используемые с целью включения определенных устройств для приема информации из КОП.

Группа адресов источников (ГАИ) — команды, используемые с целью включения определенного устройства для передачи информации в КОП и для выключения любого другого устройства, уже работающего в качестве источника. Каждому приемнику (источнику) присваивается свой адрес, младшие 5 бит которого могут совпадать с аналогичными битами его адреса источника (приемника).

Группа вторичных команд (ГВК) — команды, используемые в качестве второго адресного байта при адресации устройства на прием или передачу. В устройстве, содержащем функции интерфейса «расширенный источник» (РИ) и «расширенный приемник» (РП), можно применять одинаковый вторичный адрес как для источника, так и для приемника.

Сообщения устройств используются устройствами для обеспечения выполнения ими основной задачи. К сообщениям устройств относятся: программные данные (код типа функции, код значения функции), основные данные.

В системе допускается либо программировать устройства, либо запускать устройство на выполнение какой-либо операции, а затем осуществлять связь с другими устройствами.

Для осуществления связи через шину интерфейса независимо от состояния устройства и определения состояния «занято» имеется три метода: использование линии ГП, использование линии ЗО и последовательный опрос, параллельный опрос.

5.2.3. Функциональная организация

Каждое устройство содержит три класса функций: функции устройства, логику кодирования дистанционной информации, функции интерфейса. *Функции устройства* определяются областью применения и назначения устройства и не регламентируются. *Кодирование дистанционной информации* устанавливается в соответствии с кодами и форматами сообщений устройств. *Функции интерфейса* — способность интерфейса к выполнению оговоренных операций при работе в системе. Каждая функция интерфейса реализуется аппаратно или программно в устройстве.

Функции интерфейса указаны в табл. 5.4. Конструктору устройства дается право выбора определенного набора функций интерфейса, необходимого для выполнения устройством установленных операций.

Взаимодействие между функциями осуществляется с помощью

Т а б л и ц а 5.4. Функции интерфейса по ГОСТ 26.003—80

Наименование	Обозначение		Назначение	Используемая линия
	русское	международное		
Синхронизация передачи источника	СИ	SH	Контроль начала и окончания передачи многолинейного сообщения. Воздействие на передачу каждого байта сообщения	СД, ГП, ДП
Синхронизация приема	СП	АН	Правильное получение дистанционных многолинейных сообщений. Гарантирует асинхронную передачу каждого байта	СД, ГП, ДП
Источник (с расширением)	И (IP)	T (TE)	Возможность отправки основных данных для данных состояния через интерфейс	ОИ, УП
Приемник (с расширением)	П (PR)	L (LE)	Возможность получения данных (данных состояния) через интерфейс	ОИ, УП
Запрос на обслуживание	ЗО	SR	Возможность асинхронно запрашивать обслуживание от контроллера	ЗО
Дистанционное местное управление	ДМ	RL	Указание устройства использования информации от интерфейса или передней панели (местная)	ДУ
Параллельный опрос	ОП	PP	Возможность выдачи управляющему К сообщения без предварительной адресации	УП, ЛД
Очистить устройство	СБ	DC	Возможность перехода в исходное состояние индикатора или коллективно в составе групп устройств	—
Запуск устройства	ЗП	DT	Инициация выполнения основной работы одному или одновременно группе устройств	—
Контроллер	К	C	Возможность отправки адресов устройств, универсальных и адресных команд через интерфейс и проведения параллельного опроса	ОИ, УП

следующих сообщений: *дистанционных*, проходящих между функциями устройства и определенной функцией интерфейса; *местный*, передаваемых между функцией устройства и функциями интерфейса. При необходимости местные сообщения передаются как дистанционные и наоборот. Запрещено вводить новые местные сообщения в функции интерфейса и разрешено вводить в функции устройства местные сообщения, полученные из любой функции интерфейса, находящейся в любом состоянии.

Логическое соединение двух функций интерфейса, где переход в активное состояние одной функции интерфейса зависит от наличия оговоренного активного состояния другой функции интерфейса, является связью состояний.

Функции интерфейса задаются *диаграммами состояний*, содержащих одно или несколько взаимоисключающих состояний. В группе взаимосвязанных и взаимоисключающих состояний только одно состояние может быть активным (истинным) в один и тот же момент времени.

Особенности функций интерфейса: в отдельном устройстве необходима только одна из двух разновидностей функции — И(П), использующая однобайтовый адрес, или ИР (ПР), использующая двухбайтовый адрес. Во всех других аспектах возможности обоих вариантов одинаковые.

Сообщение ЗО, получаемое функцией К, является логическим ИЛИ сообщений ЗО, посылаемых всеми функциями ЗО устройства.

В состоянии «местный» все местные органы управления функциями устройства (на панели) находятся в рабочем состоянии и устройство может запоминать, но не реагировать на соответствующие сообщения устройства, поступающие от интерфейса.

Во время параллельного опроса линии сигналов ЛД0...ЛД7 используются для передачи битов о состоянии устройства. Это позволяет обслуживать до восьми устройств, используя одну линию на устройство, хотя любое число устройств может обслуживаться при совместном использовании ЛД. Контроллер при использовании параллельного опроса проводит его периодически. В случае функций СБ и ЗП группой могут быть все адресованные устройства в данной системе.

Функция «контроллер» может выполнять свои задачи только тогда, когда она посылает через интерфейс сообщение УП. Если несколько устройств в системе имеют функцию К, то все они, за исключением одной, должны находиться в состоянии «холостой ход контроллера» в один и тот же момент времени. Устройство, находящееся в состоянии К, называется *действующим контроллером*. Стандарт устанавливает алгоритм, в соответствии с которым устройство с функцией К может стать действующим контроллером системы.

Используемые варианты функции интерфейса К определяются совокупностью следующих реализуемых функциональных возможностей: контроллер системы; послать ОИ и взять управление; послать ДУ; отклик на ЗО; послать сообщение; получить управление; передать управление; передать управление себе; параллельный опрос; взять управление синхронно.

5.2.4. Коды и форматы

Коды и форматы, используемые устройством, в значительной степени определяют эффективность его применения в системе.

Общие правила кодирования

Двоичный код	Линии сигналов
7-битовый (ГОСТ 13052—74)	ЛД0...ЛД7
5-битовый (2°...2 ⁴)	ЛД0...ЛД4
8-битовый (2°...2 ⁷)	ЛД0...ЛД7

Неиспользованные сигнальные линии должны посылать данные пассивными ложными. ЛД7 посылается пассивной ложной, если не используется для проверки на четность.

В стандарте устанавливается набор двоичных битов кодов, используемых для каждого передаваемого байта (двоичный, уплотненный восьмеричный и шестнадцатеричный, шестнадцатеричный обычный и уплотненный двоично-десятичный). Для представления десятичных данных 7-битовый код по ГОСТ 13052—74 является предпочтительным. Формат используется для обозначения структуры последовательности байтов сообщений, зависящих от устройства. Любая информация устройства (кроме данных о состоянии) выдается и интерпретируется как набор отдельных единиц сообщений. Единица сообщения содержит один или более байтов данных.

Структура форматов сообщений: заголовок (буквенный), тело (цифровое), окончание (ограничитель). Не обязательно, чтобы каждое сообщение содержало все три поля данных. Каждый из типов сообщений может содержать набор поля данных для различных видов применения устройств. Обычно в последовательности байтов данных заголовок служит для определения характера значения тела данных, представляемого в цифровом виде.

При подготовке к выполнению функции устройства получают *программные данные*, зависящие от устройства, в соответствующем состоянии. Предпочтительным кодом для программных данных является код по ГОСТ 13052—74.

Данные о состоянии посылаются из устройства с сообщением байта состояния (ЛД0, ЛД5, ЛД7) в ответ на последовательный опрос. Основной целью этого является представление критических суммарных данных состояния устройства в действующий контроллер. Достаточный уровень совместимости устройства достигается, когда линии ЛД используются в соответствии со следующим: ЛД7 (1/0) — расширено/не расширено кодовое поле байта состояния; ЛД6 (1/0) — запрошено/не запрошено обслуживание; ЛД5 (1/0) — ненормальное/нормальное состояние; ЛД4 (1/0) занято/готово; ЛД3...ЛД0 код, зависящий от устройства.

Если устройство имеет только единственную причину для запроса обслуживания, эта причина может быть указана в бите соответствующего сообщения ОБЗ.

Предусматриваются средства для смены потока данных: от программных данных к данным индикации (измерительным данным). При этом адреса приемников (первичные или вторичные) могут быть использованы для указания каждого типа данных. При использовании одного адреса на прием обращается внимание на то, чтобы не было неоднозначного присвоения кода.

5.2.5. Физическая реализация интерфейса

Высокое и низкое состояния на линиях сигналов основаны на стандартных уровнях ТТЛ, источники питания для которых должны обеспечивать напряжения $5 \pm 0,25$ В.

Возбудители (передатчики) имеют следующие параметры: для низкого состояния — выходное напряжение $U \leq 0,5$ В при $I \leq 48$ мА для втекающего тока, поглощаемого постоянно; для высокого состояния — выходное напряжение для возбудителей на три состояния $U \geq 2,4$ В при $I \leq 5,2$ мА, а для возбудителей с открытым коллектором соответствует характеристике нагрузки.

Возбудители с открытым коллектором используются в сигнальных линиях ЗО, ГП, ДП. В остальных линиях используются возбудители либо с открытым коллектором, либо на три состояния.

Приемники с номинальной помехоустойчивостью имеют входные напряжения $U \leq 0,8$ В — для низкого состояния, $U \geq 2$ В — для высокого состояния. Для повышения помехоустойчивости на всех сигнальных линиях рекомендуется использовать цепи типа Шмитта. Требования к этим приемникам: нижнее пороговое напряжение $U \geq 0,8$ В — для низкого состояния; верхнее пороговое напряжение $U \leq 2$ В — для высокого состояния; гистерезис — при $U \geq 0,4$ В.

Каждая сигнальная линия нагружается в пределах устройства резистивной нагрузкой, обеспечивающей поддержание постоянного полного электрического сопротивления устройства на линии для увеличения помехоустойчивости ($R1 = 3 \text{ кОм} \pm 5\%$, $R2 = 6,2 \text{ кОм} \pm 5\%$). В состав компонентов приемника входит диодный ограничитель отрицательного напряжения на сигнальной линии. Внутренняя емкостная нагрузка каждой сигнальной линии в устройстве не должна превышать 100 пФ.

Экран соединительного кабеля должен быть присоединен при помощи контакта в разъеме к шасси (защитному заземлению). Обратные провода заземления индивидуального управления и сигнальных линий должны присоединяться к логической земле в схеме возбудителя или приемника.

В качестве соединителя должна использоваться розетка или вилка типа РПМ7-24 с ленточными контактами. Соединитель должен удовлетворять следующим требованиям: номинальное напряжение и ток — 150 В и 1 А, сопротивление контактов и изоляции — менее 0,02 Ом и более 1 ГОм соответственно, рабочий диапазон частот — 3 МГц; по конструкции: число контактов — 24, износостойчивость — 500; сечение монтажного провода — 0,2 мм².

Каждое устройство должно иметь приборную розетку типа РПМ7-24Г-П. Для кабеля должна быть предусмотрена возможность установки фиксирующих винтов. Кабель должен иметь: длину до 2 м; на обоих концах розетку и вилку, обеспечивающие включение одного разъема в верхнюю часть другого; конструкцию, обеспечивающую минимальные взаимные помехи между сигнальными линиями.

Максимальные значения сопротивлений на 1 м длины проводников в кабеле должны быть следующие: $R = 0,14$ Ом (каждой сигнальной линией и обратного провода заземления); $R = 0,085$ Ом (обратного провода общего логического заземления); $R = 0,0085$ Ом (общего экрана).

5.3. ИНТЕРФЕЙСНЫЕ БИС

5.3.1. Общие сведения

Для СОД, выходящих на магистраль КОП, разработаны и широко применяются микропроцессорно-ориентированные БИС с необходимыми приемопередатчиками (ПП) для связи с магистралью. БИС поддерживаются системами их программирования, в том числе

на языках высокого уровня Бейсик и Фортран. Определяющей тенденцией является все более полное удовлетворение в интерфейсных БИС всех требований стандартов на магистраль КОП.

Интерфейсные БИС являются сложными функционально завершенными контроллерами периферийного устройства (ПУ), реализованными в одном корпусе. Из многообразия интерфейсных БИС, разработанных для различных семейств МП, выделяются БИС типа 8291 и 8292 фирмы Intel, предназначенные и оптимизированные для совместного использования с МП типов 8080А, 8085А, 8086, 8088 и др. Эти БИС обеспечивают достаточно экономное сопряжение магистрали КОП с магистралью микропроцессора. Отечественной промышленностью освоены аналогичные интерфейсные БИС типов КР580ВК91, КР580ВГ92 и 8-разрядные ПП.

5.3.2. БИС приемник/источник

Интерфейсная БИС типа КР580ВК91 реализует большинство неконтроллерных функций КОП, т. е. П/И. В табл. 5.5, даны обозначения и назначения ее контактов. БИС характеризуют следующие основные механизмы и функции: сопряжение с МП; синхронизацию

Т а б л и ц а 5.5. Интерфейсная БИС КР580ВК91

Контакт	Обозначение	Назначение
1	$T/\overline{R1}$	Управление ПП линий
2	$T/\overline{R2}$	Управление ПП линий
3	CLOCK	Вход внешних тактовых импульсов
4	\overline{RESET}	Вход сброса
5	IRIQ	Внешний запуск
6	\overline{DREQ}	Запрос ПДП
7	\overline{DACK}	Ответ ПДП
8	\overline{CS}	Выбор кристалла
9	\overline{RD}	Строб чтения
10	\overline{WR}	Строб записи
11	INT	Запрос на прерывание
12...19	D0...D7	Входы (выходы) данных со стороны магистрали МП
20	GND	Сигнальная земля
21...23	RS0...RS2	Входы выбора внутренних регистров
24	\overline{IFC}	Вход линии «Очистка интерфейса»
25	\overline{REN}	Вход линии «Дистанционное управление»
26	\overline{ATN}	Вход линии «Внимание»
27	\overline{SRQ}	Выход линии «Запрос на обслуживание»
28...36	$\overline{DIO1}...\overline{DIO8}$	Входы (выходы) линий данных КОП
37	\overline{NRFD}	Состояние линии «Не готов к приему данных»
38	\overline{NDAC}	Состояние линии «Данные не приняты»
39	\overline{EOI}	Состояние линии «Конец передачи»
40	U_{cc}	Напряжение питания

обмена в режиме приемника и источника; полный набор функций приемника и источника с расширенной адресацией; обслуживание запроса; параллельный опрос; очистка устройства; триггер устройства; дистанционное/местное управление; программирование скорости передачи данных; маскирование прерываний; реконфигурация первичной и вторичной адресации в БИС; изменение частоты от 1 до 8 МГц; наличие 16 регистров (8 — чтения, 8 — записи) для сопряжения с МП; синхронизация обмена по прямому доступу к памяти (ПДП); обнаружение конца последовательности.

Управление БИС производится с помощью регистров (табл. 5.6), в которые записываются данные и команды из МП (регистры записи).

Т а б л и ц а 5.6. Регистры БИС КР580ВК91

Код выбора регистра			Регистр чтения	Регистр записи
RS2	RS1	RS0		
0	0	0	Ввод данных	Вывод данных
0	0	1	Состояние прерывания 1	Маска прерывания 1
0	1	0	Состояние прерывания 2	Маска прерывания 2
0	1	1	Состояние последовательного опроса	Режим последовательного опроса
1	0	0	Состояние адресации	Режим адресации
1	0	1	Прохождение команд	Вспомогательные режимы
1	1	0	Адрес 0	Адрес 0/1
1	1	1	Адрес 1	Вспомогательная команда

си) или из магистрали КОП и от схем, реализующих интерфейсные функции (регистры чтения). Доступ к регистрам осуществляется через выходы \overline{CS} , \overline{RD} , \overline{WR} и $RS0...RS2$. Команда подается на вывод \overline{CS} , режим чтения — на \overline{RD} , записи — на \overline{WR} , адрес регистра — на $RS0...RS2$. Обычно эти выходы и \overline{CS} соединяются с соответствующими линиями адреса магистрали МП.

Регистры могут быть использованы в программах как ячейки памяти. В микросхеме также имеется два вспомогательных регистра с косвенной адресацией через регистр вспомогательных режимов.

Регистр ввода используется для передачи данных из магистрали КОП в магистраль МП. Содержимое регистра сохраняется при записи данных в регистр ввода. Предусмотрена возможность организации режима повторного чтения регистра, а также режима ожидания чтения, пока МП не выполнит все необходимые преобразования с принятым байтом.

Регистр вывода используется для передачи данных в магистраль КОП в соответствии со стандартным протоколом обмена, а также для сохранения данных до получения специальной команды. При чтении из регистра его содержимое не меняется.

Регистры масок состояния прерываний обеспечивают соответственно маскирование и хранение любого из 12 условий или событий в магистрали КОП и генерацию запроса на прерывание в магистраль

МП. Причины прерывания определяются чтением содержимого регистров состояния программой обслуживания. Регистры состояния очищаются после обслуживания запроса на прерывание, а также при включении питания. Разряды В0, В1 в регистре масок позволяют организовать соответственно прием и передачу данных в режиме прерывания с автоматическим сбрасыванием разрядов В0 и В1 при чтении регистров ввода и вывода.

При использовании БИС в режиме без ПДП команда прерывания передается через вывод DREQ. Режим ПДП организуется разрядами DMA1, DMA0 в регистре масок прерываний. При установке любого разряда в регистре состояния прерывания его входы блокируются в процессе чтения его состояния. Все новые прерывания запоминаются в промежуточном регистре микросхемы и помещаются в соответствующий регистр состояния прерывания после его чтения.

Регистр состояния последовательного опроса (РСПО) хранит тот же самый байт, что и регистр параллельного опроса. При проведении последовательного опроса контроллером магистрали КОП разряд запроса обслуживания SRQS (6-й разряд РСПО) проверяется программно, при нулевом значении сбрасывается одноименный разряд в регистре режима параллельного опроса.

Регистр режима адресации (РРА) используется для выбора одного из шести возможных в микросхеме режимов, в том числе трех режимов обработки адресов, поступающих из магистрали КОП. Выбор одного из этих режимов осуществляется записью двоичного кода номера режима в младшие разряды РРА, при этом старшие разряды должны быть очищены.

В первом режиме разрешается участие БИС во всех операциях магистрали, связанных с передачей адреса. Во втором режиме БИС распознает первичный и вторичный адреса. При этом первичный записывается в регистр адреса 0, а вторичный — в регистр адреса 1. В этом случае БИС обеспечивает все требуемые режимы адресации. В третьем режиме БИС работает так же, как и в первом, за исключением того, что старший и младший адреса сопровождаются вторичными адресами.

Регистры адресации 0/1 используются для занесения адресов прибора в регистры адреса 0 и 1 в соответствии с форматом, выбранным в РРА.

Регистры состояния адресации (РСА) содержат необходимую для МП информацию для управления собственными режимами адресации. Эта информация включает разряды, индицирующие адресацию приемника и источника, флаги безадресных режимов, выдачу в магистраль одновременно с последним байтом сигнала окончания.

Регистр прохождения команд (РПК) используется для передачи МП 8-разрядного кода, принятого из магистрали КОП, в режиме передачи неопределенных команд, в том числе вторичных команд в режиме распознавания их МП. Эти команды могут быть обработаны по программе, что создает перспективы для расширения стандарта КОП.

Регистры вспомогательных режимов содержат 3-разрядное поле управления и 5-разрядное поле команд, которое используется для записи в рабочие вспомогательные режимы, для приема команд МП, управляющих логикой работы БИС, для задания необходимой величины задержки между выдачей в магистраль байта данных и команды в режиме согласования передачи.

Установка БИС в исходное состояние производится импульсом RESET или одноименной вспомогательной командой. При необходи-

мости микросхема может работать в режиме ПДП с оперативным запоминающим устройством (ОЗУ) под управлением БИС типа 8257. При этом при вводе и выводе байта данных осуществляется определенная последовательность действий. Следует отметить, что при каждой адресации прибора МП должен прочитать регистр РСА и инициализировать КПД.

Для связи БИС с магистралью используются ПП, управление которыми осуществляется через выходы $T/R\overline{1}$ (DIO1 ... DIO8) и $T/R\overline{2}$ (EOI). Линии IFC, ATN, REN для БИС являются входными, а линия SRQ — всегда выходной.

5.3.3. БИС сопряжения контроллеров KP580BG92

Логическая структура БИС аналогична БИС П/И; имеется поле регистров, в качестве которых используется зона внутренней памяти. Большинство регистров может быть считано или записано с помощью команд, передаваемых БИС.

В табл. 5.7 приведено назначение выводов, а табл. 5.8 — внутренние регистры БИС и способ выбора. Доступ осуществляется использованием выводов \overline{CS} , \overline{RD} , \overline{WR} и входа A_0 , управление — по входу \overline{CS} . Через A_0 адресуются регистры состояния прерывания при чтении и регистры масок команд и поля команд при записи. Доступ к остальным регистрам осуществляется вспомогательными командами, засылаемыми в регистр команд.

Регистр состояния прерывания (РСП) служит для генерации запросов на прерывание в соответствии с масками, устанавливаемыми в регистре масок прерывания. При получении сигнала прерывания МП должен прочитать РСП и вызвать соответствующую подпрограмму обработки, в том числе по завершению текущей задачи и возникновению определенных событий, например ошибок.

Регистр состояния контроллера (РСК) используется для определения состояния функции К, в том числе системного К, активности, а также состояний ряда команд КОП (IFC, REN, SRQ).

Регистр состояния магистрали может быть использован МП для управления магистралью, прочитан по соответствующей команде. Каждый его разряд соответствует текущему состоянию вывода БИС (ATN) соответствует принимаемой из магистрали команде ATN).

Регистр счетчика событий может быть использован в качестве счетчика (не более 256) числа байтов или блоков в зависимости от подключенной к выводу 39 линий NDAC или EOI соответственно. Этот регистр доступен по чтению от МП.

Регистр выдержки времени используется для обнаружения тайм-аута при ответе на команды. Регистр недоступен по чтению.

Регистр состояния счетчика выдержки времени работает в инкрементном режиме и генерирует прерывание по нулю. Регистр недоступен по записи.

Регистр флагов ошибок предназначен для диагностики сбоев в системе и может указывать на четыре типа ошибок, три из которых связаны с ошибками по выдержке времени и одна — с ошибкой пользователя при получении запроса на выдачу IFC или REN, в то время как микросхема не является системным контроллером магистрали КОП.

Регистр команд может выполнять два типа команд: операционные, иницирующие действия в магистрали, и вспомогательные, используемые для связи БИС с МП при операциях чтения и записи во

Таблица 5.7. Интерфейсная БИС КР580ВГ92

Контакт	Обозначение	Назначение
1	\overline{IFCL}	Вход «Очистка интерфейса»
2,3	X1, X2	Входы внешних тактовых импульсов
4	RESET	Установка в начальное состояние
5	U_{cc}	Питающее напряжение 5 В+5 %
6	\overline{CS}	Выбор кристалла
7, 20	U_{ss}	Логическая земля
8	\overline{RD}	Выход чтения
9	A_0	Линия адреса
10	\overline{WR}	Выход записи
11	SYNC	Тактовая частота синхронизации
12...19	D0...D7	Информационные линии связи с МП
21	\overline{SRQ}	Запрос на обслуживание
22	\overline{ATNI}	Вход команды ATN
23	\overline{IFC}	Управление линией «Очистка интерфейса»
24	SYG	Состояние переключателя «Системный контроллер»
26	U_{cc}	Напряжение питания 5 В+5 %
27	CLTH	Сброс внешнего триггера
29	\overline{ATNO}	Выход команды ATN
31	\overline{CIC}	Управление КОП контроллером
32	TCI	Прерывание по завершению задачи
33	SPI	Специальное прерывание
34	\overline{EOI}	Управление линией EOI
35	OBFI	Заполнение регистра вывода
36	\overline{IBFT}	Освобождение регистра ввода
37	\overline{DAV}	Управление линией DAV
38	\overline{REN}	Управление линией REN
39	COUNT	Вход счетчика событий
40	U_{cc}	Питающее напряжение 5 В+5 %

Таблица 5.8. Регистры БИС КР580ВГ92

Адрес	Регистры чтения	Регистры записи
69H	Состояние прерывания	Поле команд
68H	Флаги ошибок	Маска прерываний
68H	Состояние контроллера	Маска ошибок
68H	Состояние магистрали	Счетчик событий
68H	Состояние счетчика событий	Тайм-аут
68H	Состояние тайм-аута	—

Т а б л и ц а 5.9. Команды БИС КР580ВГ92

Код	Производимое действие
<i>Операционные команды</i>	
F0	Прекратить прерывание счетчика
F1	Перейти в начальное состояние
F2	Сброс
F3	Сброс прерывания
F4	Выключить счетчик и перейти в режим прерывания
F5	Провести параллельный опрос
F6	Перейти в режим ожидания
F7	Установить режим местного управления
F8	Перевести магистраль на дистанционное управление
F9	Прекратить все операции и очистить интерфейс
FA	Принять управление
FC	Принять управление асинхронно
FD	Принять управление синхронно
FE	Разрешить прерывание от счетчика
<i>Вспомогательные команды</i>	
E1	Записать в регистр выдержек времени
E2	Записать в счетчик событий
E3	Прочитать состояние счетчика событий
E4	Прочитать регистр флагов ошибок
E5	Прочитать регистр масок прерываний
E6	Прочитать регистр состояния контроллера
E7	Прочитать регистр состояния магистрали
E9	Прочитать регистр состояния выдержки времени
EA	Прочитать регистр масок ошибок
EC	Ответ на прерывание

внутренние регистры БИС. Полный список команд БИС приведен в табл. 5.9.

Взаимодействие микросхемы и МП может быть построено с использованием аппарата прерываний по определенным условиям, имеющимся в БИС, и опроса регистров состояния прерывания в определенные заранее интервалы времени.

В первом случае МП может записать новый байт в регистр ввода данных сразу же после чтения оттуда предыдущего.

5.3.4. БИС приемопередатчиков

Разработанные для совместной работы с БИС КР580ВК91 и КР580ВГ92 БИС ПП содержат (табл. 5.10) все необходимые для упрощения аппаратуры сопряжения внешние логические цепи. БИС ПП имеет четыре возможные конфигурации внешних цепей, выбор которых производится через входы ОРТА и ОРТВ.

Программирование работы БИС осуществляется соответствующими переключками. Два режима, 0 и 1, используются для сопряже-

В петле в каждый момент времени передается только одно сообщение. Контроллер или источник ожидает возврата посланного им сообщения а затем посылает следующее. Заданный приемник запоминает текущий кадр, пока устройство готово для следующего. При этом устройства различного быстродействия функционируют идентично.

Скорость передачи в петле зависит от вида и числа включенных устройств, а также от алгоритма их работы.

При условии, что источник непрерывно посылает кадры данных, контроллер передает следующий кадр только после получения первого бита предыдущего кадра данных. Проверка ошибок принятого кадра осуществляется параллельно с передачей следующего кадра. Скорость передачи равна 20 кбайт/с.

Наиболее быстро процесс взаимодействия осуществляется в случае, если в системе имеется один-два приемника, а остальные устройства свободны. Если же сообщение адресуется всем устройствам (наиболее характерно для командных сообщений), эффективная скорость работы интерфейса существенно снижается.

Последовательность команд в интерфейсе модифицируется следующим образом. Команды, требующие немедленного выполнения, посылаются во все устройства, которые выполняют их параллельно.

Для посылки других команд контроллер должен проверять готовность устройств к их выполнению. Соответственно после каждого командного сообщения контроллер посылает сообщение «Готовность» для команды RFC, которое должно храниться в устройстве, пока оно готово для работы. При возврате сообщения контроллер может послать следующую команду.

В интерфейсе дополнительно реализуются: возможность дистанционного включения/выключения источников питания по командам контроллера, имеющего для этого таймер реального времени и соответствующие средства; автоадресация, обеспечивающая автоматическую адресацию устройств в петле; идентификация устройств в петле посредством функции идентификации, обеспечивающей получение от адресуемого устройства байта, указывающего тип устройства и его характеристики. Это существенно упрощает процедуру назначения адресов устройства.

5.4.4. Физическая реализация

Электрические характеристики передатчика, работающего на используемую в интерфейсе балансную линию с волновым сопротивлением 100 Ом длиной до 100 м, следующие:

Высокий/низкий уровень лог.1, В	1,35...2,2/-0,3...0,3
Высокий/низкий уровень лог.0, В	-1,35...-2,2/-0,3...0,6
Длительность фронта импульса, нс	30...120/200
Длительность импульса, нс . . .	900.. 1500
Период следования импульсов, мкс	1,9...10

Минимальная изоляция кабеля (общая или на землю) составляет 10 МОм при напряжении 500 В.

Интерфейсная БИС для НР-IL (КМОП-технология) работает от внешней синхронизации с частотой 2 МГц и обеспечивает основные временные соотношения, в том числе формирование двухфазного

сигнала частотой 500 кГц. БИС в выключенном состоянии потребляет менее 1 мкА. БИС может функционировать в качестве контроллера, источника или приемника. При использовании БИС в качестве источника принятый кадр сравнивается с переданным ранее для контроля на ошибки. В БИС имеются буферные регистры, обеспечивающие возможность передачи нескольких кадров в петле одновременно. БИС реализована в 28-выводном стандартном корпусе и использует только напряжение ± 5 В.

Глава 6

Интерфейсы системы КАМАК

6.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

6.1.1. Общие сведения

Система САМАС (КАМАК) разработана и предложена комитетом ESONE, подготовившим подробные спецификации и выпустившим стандарты, которые приняты также основными международными и отечественными организациями по стандартизации (табл. 6.1).

Таблица 6.1. Действующие стандарты по системе КАМАК

Краткое наименование	Обозначение			
	EUR	IEEE	IEC (МЭК)	ГОСТ
Модульная цифровая интерфейсная система КАМАК (САМАС)	4100с	583	516	26.201-80**
Блочная передача данных	4100с*	683	677	26.201-80
Интерфейс параллельной связи. Крейт-контроллер типа А1	4600с	596	552	26.201.1-84
Последовательная магистраль. Крейт-контроллер типа L2	6100с	595	640	26.201.2-84
Многоконтроллерный крейт. Дополнительные крейт-контроллеры	6500	—	729	27079-86, СТ СЭВ 5393-85
Язык IML	IML/01	675	—	—
Бейсик реального времени	RTB/03	726	—	—
Подпрограммы	SR/01	758	713	—
Терминология	—	SHO8482	678	—

* s — supplement.

** Перенесен в виде ГОСТ 27080-86 (СТ СЭВ 4919-84).

Основными особенностями системы являются: модульный принцип построения; конструктивная однородность, обеспечиваемая использованием унифицированных конструкций, включая крейт для размещения функциональных модулей; магистральная структура информационных связей между функциональными блоками; программное управление.

В системе нормализованы конструктивы, электрические сигналы и логика, терминология. Стандарт на электрические сигналы определяет напряжение питания, уровни логических сигналов и допустимые нагрузки на входе и выходе сменного блока. Логический стандарт нормализует функции сигналов, их временные зависимости и расположение на соединителях.

Крейт является основным конструктивом системы и имеет следующие размеры (в мм): ширину внешнюю — 477, внутреннюю — 430; высоту, внешнюю — 221,5, внутреннюю — 200; глубину минимальную — 360, рекомендуемую — 525. Он содержит не более 25 станций с шагом 17,2 мм для установки сменных блоков. На каждой станции имеются верхняя и нижняя направляющие для соответствующих ползьев сменного блока, розетка 86-контактного соединителя и отверстие с резьбой для фиксирующего винта сменного блока.

Функциональные блоки (модули) выполняются сменными и устанавливаются в крейте. Каждый сменный блок занимает одну (1 М) или несколько станций (позиций). Станция обеспечивает его прямое подключение к магистрали крейта. Сменный блок состоит из следующих основных частей: задней и передней панели с фиксирующим винтом; стяжек, верхнего и нижнего ползьев; вилки 86-контактного соединителя, составляющей обычно часть печатной платы или устанавливаемой на задней панели.

Для сменных блоков, занимающих более одной станции в крейте, допускается использование более одного набора ползьев и более одной вилки. Контакты вилки расположены с шагом 2,54 мм с двух сторон печатной платы (по 43 контакта с каждой стороны).

6.1.2. Основные термины

1. Общие сведения. Терминология в основном регламентирована стандартом МЭК 678 «Определение терминов КАМАК, используемых в публикациях МЭК» подготовленным ТК45 «Ядерное приборостроение». Первый проект стандарта рассмотрен в 1978 г. После пересмотра в 1979 г. проект за номером 133 ТК45/МЭК принят в качестве стандарта. В данном параграфе приведены термины, определенные в соответствующих ГОСТах, а также термины по публикации МЭК 678.

Спецификации модульных приборов КАМАК и цифровой системы интерфейса изложены в нескольких публикациях МЭК (см. табл. 6.1).

Основной спецификацией является публикация МЭК 516, определяющая механическую конструкцию вставных блоков в крейте, установлению на шасси, и протокол системы сообщения через магистраль крейта (МК). Возможности системы по МЭК 516 расширены в других перечисленных ниже публикациях МЭК.

Параллельная магистраль ветви (МВ) для передачи данных в системе, содержащей до семи крейтов и локальные межсоединения, определена в публикации МЭК 552.

Последовательная магистраль (ПМ), используемая для конфигураций, содержащих до 62 крейтов и распределенные соединения в условиях помех, определена в публикации МЭК 640.

Возможности локальной распределенной обработки, обеспечиваемой многими контроллерами в одном крейте определены в публикации МЭК 729.

В публикации МЭК 678 приведены основные термины, формально определенные в следующих публикациях МЭК: 516, 552, 640, 729 — и другие прочно установившиеся термины общего употребления и особенности системы управления и контроля NIM (МЭК 547). Стандарты, определяющие основные термины, даны в табл. 6.2.

Т а б л и ц а 6.2. Стандарты, определяющие основные термины

Краткое наименование	Обозначение	
	МЭК	ГОСТ
Магистраль крейта	516, 678	27080—86
Магистраль ветви	552, 678	—
Последовательная магистраль	640, 678	26.201.2—84
Магистраль многоконтроллерного крейта	729, 678	—

2. Термины по ГОСТ 27080—86.

Данные — любая информация, передаваемая по шинам «Чтение», «Запись».

Контроллер — сменный блок, использующий шины МК в соответствии со стандартом и занимающий в крейте одну управляющую и одну или более рабочих станций.

Крейт — блочный каркас для установки сменных блоков, неотъемлемой частью которого является магистральный канал (магистраль крейта) для передачи данных, управляющих сигналов и подачи питания.

Магистраль — многопроводный пассивный магистральный канал, служащий для передачи данных, управляющих сигналов, подачи питания и соединяющий все станции в крейте.

Модуль — сменный блок, использующий шины МК в соответствии со стандартом и занимающий в крейте одну или более рабочих станций.

Станция — установочная позиция для сменного блока в крейте, содержащая розетку соединителя для обеспечения доступа сменного блока в МК.

3. Общие термины по МЭК 678

Адрес крейта — идентификация крейта в многоскаркасной системе; индивидуальные линии на МВ или поля команды на ПМ, несущие информацию адреса крейта.

Блочная передача — последовательность одиночных операций в ответ на одиночную специальную команду.

Команда — сигналы на МК или МВ, определяющие один или более крейтов, одну или более станций, субадрес и функцию.

Команда принята — шины МК (X), МВ (ВХ), бит ПМ (SX), несущие эту информацию;

сигналы на этих шинах или значение бита SX.

Магистраль дополнительного контроллера крейта (МДКК) — магистраль, связывающая дополнительные контроллеры крейта (ДКК) с основным КК и позволяющая им адресоваться ко всем рабочим станциям и принимать от них запросы.

Номер станции — идентификация станции в крейте ($N=1...25$);

идентификация внутреннего признака крейт-контроллера ($N=26...32$);

отдельные шины МК или связанные с ними шины МВ или поля сообщения ПМ, адресующие одну или более станций (и, следовательно, модули);

сигналы на этих шинах или содержание этих полей.

Операция — операция на МК или МВ или операция команда-ответ на ПМ.

Операция командная — операция крейта (или ветви), характеризующаяся наличием команды, состоящей из номера станции, субадреса и функции.

Операция магистрали крейта — операция передачи данных или управления на МК, характеризующаяся генерированием сигналов «Занят» и строб-сигналов.

Операция неадресованная — операция на МК, характеризующаяся одним из сигналов общего управления, сигналом «Пуск» или «Сброс» без команды.

Операция сортировки запросов — особая форма командной операции на МВ, в которой шины записи-чтения ветви используются для передачи составного слова запросов от всех КК к драйверу ветви (ДВ).

Ответ — указание (есть/нет) о состоянии внутренней особенности адресуемого модуля;

шина МК (Q), МВ (BQ) или бит ПМ (SQ), несущие эту информацию;

сигналы на этих шинах или значение бита SQ.

Передача запросов — передача запросов от модулей через МК и соответственно от КК, сортировщика, шифраторов, МВ и ПМ, последовательных драйверов и крейтов системы.

Станция рабочая — одна из установочных позиций для сменных блоков в крейте, содержащая шины чтения и записи и две индивидуальные шины, соединяемые с управляющей станцией крейта.

Станция управляющая — единственная установочная самая правая позиция в крейте, резервированная для КК и обеспечивающая доступ ко всем шинам номеров станций и запросов, кроме шины данных.

Субадрес — идентификация сигнальных устройств в модуле ($A=0...15$). Субадрес — часть команды;

шины МК или связанные с ними шины МВ или сообщения в ПМ, несущие информацию, которая при дешифрации в модуле адресует его функциональную часть;

сигналы на этих шинах или содержание полей сообщения.

Требование обслуживания — отдельный запрос в модуле. Один или более запросов в модуле могут быть связаны с той же самой линией МК.

Функция — часть команды ($F=0...31$), определяющая действие модуля и КК во время командной операции;

шины МК или связанные с ними шины МВ или поля сообщений ПМ, несущие информацию, которая при дешифрации в модуле определяет его действие во время командной операции;

сигналы на этих шинах или содержание этих полей.

4. Термины, применяемые в МВ по МЭК 552 и МЭК 678.

Драйвер ветви — устройство управления МВ, контролирующее операции ветви в соответствии с МЭК 552.

Магистраль ветви — параллельная магистраль, состоящая из многопроводного магистрального канала, который содержит 66 пар линий, предназначен для передачи цифровых данных и соединяет до семи КК и ДВ.

Контроллер крейта ветви (ВКК) — контроллер крейта для использования с МВ. ВКК типа А1 определяется публикацией МЭК 552, а типа А2 — публикацией МЭК 729, регламентирующей работу ВКК с одним или более ДКК в крейте через МДКК.

Сортировщик запросов — дополнительный функциональный модуль, перегруппирующий или комбинирующий запросы на МК в пределах одного крейта. Обычно подключается к задней панели унифицированного ВКК-А1.

5. Термины, применяемые в ПМ по МЭК 640 и МЭК 678.

Заглавный байт — первый байт команды ответа или запроса на ПМ, содержащий адрес устройства, в частности адрес крейта.

Командное сообщение — сообщение на ПМ от драйвера ПМ к последовательному контроллеру крейта (ПКК), который передает команду и в случае необходимости данные записи.

Конечный байт — разграничительный байт, завершающий команду на ПМ.

Конечный контрольный байт — разграничительный байт, завершающий сообщение или сообщение о требовании обслуживания на ПМ; биты с 1-го по 6-й этого байта используются как биты вертикальной четности.

Контрольный байт — неразграничительный байт в команде на ПМ, биты с 1-го по 6-й которого используются как биты вертикальной четности.

Операция команда-ответ — вспомогательная командная операция на ПМ с помощью командного сообщения и последующего ответного сообщения.

Ответное сообщение — сообщение в ПМ и ПКК к драйверу последовательной магистрали (ДПМ) в ответ на команду. В случае необходимости могут быть переданы данные чтения.

Поле сортировки запросов — группа из 5 бит в запросе на ПМ, несущая информацию, идентифицирующую запрос.

Побайтовая ПМ — ПМ, в которой данные, команды и другая информация передаются в последовательно-побайтовом режиме.

Поразрядная ПМ — ПМ, в которой данные, команда и другая информация передаются в последовательно-поразрядном режиме.

Пробел — последовательность неразграничительных байтов в команде на ПМ, генерируемая ДПМ и заменяемая при обычной операции затем ответными сообщениями.

Разграничительный байт — байт, идентифицирующий конец сообщения на ПМ.

Разграничительный бит — бит в байте на ПМ, который при 7-м бите, равном 1, идентифицирует байт как разграничительный байт.

Сообщение о запросе — незатребованное сообщение в ПМ от ПКК к ДПМ в ответ на запрос МК, включающее поле последовательных отсортированных запросов.

Д-разъем (порт) — разъем для ПМ, полностью соответствующий МЭК 640. Каждый ДПМ и ПКК имеют входной и выходной разъемы.

U-разъем (порт) — разъем для ПМ, соответствующий структуре

сообщения по МЭК 640, но использующий не определенные в ней сигналы.

6. Термины по ГОСТ 26.201.2—84.

Драйвер последовательной магистрали — устройство управления ПМ, которое задает поток сообщений в ПМ, организованный в виде последовательности байтов, и принимает все сообщения от ПМ; он является, как правило, устройством для связи между ЭВМ и ПМ.

Последовательный контроллер крейта — сменный блок, занимающий в крейте управляющую станцию и одну или более рабочих станций и предназначенный для связи МК с ПМ и выполнения функции управления модулями.

6.1.3. Программное обеспечение

Программное обеспечение системы КАМАК, предложенное соответствующими спецификациями ESONE и IEC, представляет собой комплекс согласованных по структуре и совместимых по используемым информационным структурам средств программирования, который включает:

промежуточный язык IML, предназначенный для программирования задач управления в случае, если информационные характеристики требуют выполнения 30...40 тыс. оп./с;

пакет подпрограмм на языке Фортран, предназначенный для решения задач управления (со средними информационными характеристиками) с быстродействием 2...5 тыс. оп./с;

интерпретирующий язык Бейсик реального времени для программирования в режиме диалога простых и медленных экспериментов с быстродействием не более 1...1,5 тыс. оп./с.

6.2. ИНТЕРФЕЙС МАГИСТРАЛИ КРЕЙТА

6.2.1. Общие сведения

Стандарт распространяется на модульную стационарную аппаратуру системы КАМАК и устанавливает требования к конструкции, электрическим сигналам, питанию и логике обмена информацией, которые обеспечивают совместимость блоков с крейтом и между собой. Стандарт полностью соответствует публикации МЭК 516, за исключением требований, относящихся к применению блоков.

6.2.2. Логическая организация

Магистраль крейта содержит сигнальные шины и шины питания (табл. 6.3). Их наименование и обозначение те же, что и у сигнала, передаваемого по этой шине.

Сигнальные шины МК подразделяются на сквозные и индивидуальные. Сквозные шины связывают одноименные контакты всех рабочих станций (с 1-й по 24-ю), индивидуальные — один контакт розетки рабочей станции с одним контактом управляющей станции (25-й).

Шины питания соединяют соответствующие контакты розеток всех станций. Обратный провод питания (0 В) связывает параллельно два контакта на всех станциях. Назначение контактов розеток МК

Т а б л и ц а 6.3. Магистраль крейта КАМАК

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Команда</i>		
Номер станции	N	Выбор модуля
Субадрес	A1, A2, A4, A8	Выбор функционального узла в модуле
Функция	F1, F2, F4, F8, F16	Определение функции, подлежащей исполнению в модуле (одной из 32 возможных операций)
<i>Синхронизация</i>		
Строб 1	S1	Управление первой фазой операции. Сигналы на магистрали крейта не должны изменяться
Строб 2	S2	Управление второй фазой операции. Сигналы на магистрали крейта могут изменяться
<i>Данные</i>		
Запись	W1...W24	Занесение информации в модуль
Чтение	R1...R24	Извлечение информации из модуля
<i>Состояние</i>		
Запрос на внимание	L	Требование на обслуживание
Занято	B	Указание о прохождении операции на магистрали
Ответ	Q	Указание о состоянии объектов, выбранных командой
Команда принята	X	Указание о готовности модуля выполнить действия, требуемые командой
<i>Общее управление</i>		
Пуск	Z	Приведение модуля в определенное состояние, сопровождающееся сигналами S2 и B

Наименование	Обозначение	Назначение
Запрет	I	Запрещение определенных действий элементов, соединенных с шиной I, в течение всего времени присутствия сигнала на магистрали
Сброс	C	Очистка регистров, сопровождаемая сигналами S2 и B

Нестандартные соединения

Свободные сквозные шины	P1, P2	Для нерегламентируемых соединений
Индивидуальные дополнительные контакты	P3...P6	Для нерегламентируемых соединений. Шины не предусмотрены

Обязательные шины питания

+24; +6 В	+ 24; + 6	Подключение источников питания
-6; -24 В	- 6; - 24	То же

Дополнительные шины питания

+200; +12 В	+ 200; + 12	Подключение слаботочных источников питания
-12 В	- 12	То же
117 В	ACL, ACN	»
Чистая земля	E	Для схем, требующих чистую землю
Резервные	Y1, Y2	Резервированы для будущего назначения

и их соединения со сквозными, индивидуальными шинами и дополнительными контактами показаны в табл. 6.4.

Управляющая станция находится справа от всех рабочих станций. От нее идут связи по 24 линиям N и L к остальным 24 станциям.

Контроллер крейта является единственным блоком, имеющим доступ к линиям N и L. Он отдает все команды и определяет программу работы крейта. В операции на МК участвуют, как правило, контроллер (в качестве управляющего) и другой блок (в качестве управляемого). Выполняются два вида операций: командные (адресные) и безадресные. Во время безадресных операций команда не генерируется.

Синхронизирующие сигналы «Строб 1» (S1) и «Строб 2» (S2) последовательно генерируются во время командных операций. При

Таблица 6.4. Назначение контактов в соединителе КАМАК

Контакт разъема	Обозначение шин для станций	
	с 1-й по 24-ю	25-й

Сторона А

1...5	P1...P5	*
6...8	X, I, C	*
9, 10	—	P6...P7
11, 12	S1, S2	*
13...24	W24...W2 (четные разряды)	L24...L13
25...36	R24...R2 (четные разряды)	L12...L1
37...39	—12; +200; +117 В	*
40...43	Корпус; +12 В; Y2; 0 В	*

Сторона В

1	B	*
2...6	F16, F8, F4, F2, F1	*
7...10	A8, A4, A2, A1	*
11...12	Z, Q	*
13...24	W23...W1 (нечетные разряды)	N24...N13
25...36	R23...R1 (нечетные разряды)	N12...N1
37...39	—24; —6; +117 В	*
40...43	Корпус; +24; +6; 0 В	*

* Обозначения шин для 25-й станции те же, что и для других станций.

безадресных операциях обязателен сигнал S2, однако допускается генерация и S1.

Для передачи данных из модулей используются 24 шины чтения R, а к модулю — 24 шины W. При операциях чтения адресуемый модуль устанавливает сигналы данных на шины R, которые используются контроллером с момента начала сигнала S1. При операциях записи адресуемый модуль принимает данные с шин W от контроллера во время прохождения сигнала S1.

Адресуемый модуль сообщает о способности выполнения действия, требуемого командой, сигналом X и о своем состоянии — сигналом Q, которые принимаются контроллером во время прохождения S1.

Сигнал L должен генерироваться любым модулем для индирования контроллеру о требованиях на обслуживание модуля.

Система команд разделяется на группы согласно табл. 6.5.

Основной категорией является группа адресуемых команд $N(i)A(j)F(k)$, где $N(i)$ — номер станции, $1 \leq i \leq 23$; $A(j)$ — субадрес внутри модуля, $0 \leq j \leq 15$; $F(k)$ — функция, $0 \leq k \leq 31$.

Субадрес A и функция F выдаются в двоичном параллельном коде на общие для всех модулей шины. Коды функций подразделяются на три группы: *стандартные*, которым соответствуют определяемые стандартом действия в модулях и в контроллерах; *резервные* — для последующего расширения совокупности стандартных кодов; *нестан-*

Т а б л и ц а 6.5. Система команд КАМАК

Код операции $F(k)$	Команды
---------------------	---------

Команды, использующие шины R ($F16=F8=0$)

01	Чтение регистра группы 1*/2**
2	Чтение и сброс регистра группы 1
3	Чтение обратного кода регистра группы 2

Команды, использующие шины W ($F16=1$; $F8=0$)

16/17	Перезапись регистра группы 1/2
18/19	Селективная*** установка регистра группы 1/2

Команды, не использующие шины R и W ($F=0$)

8	Проверка запросов
9	Сброс регистра группы 1
10	Сброс запроса
11	Сброс регистра группы 2
23	Селективный сброс регистра группы 2
24	Запрещение
25	Исполнение
26	Разрешение
27	Проверка состояния

Вспомогательные команды

5, 7, 13, 15, 21, 23, 29, 31	Резервные
4, 6, 12, 14, 20, 22, 28, 30	Не стандартизованы

* В регистр группы 1 заносятся данные.

** Регистр группы 2 используется для запоминания сигналов управления или данных.

*** Некоторые разряды регистра установлены заранее регистром маски, содержащимся в модуле.

Зартные, использование которых не регламентируется. Каждый код функции должен полностью декодироваться в модуле, т.е. используются все пять сигналов на шинах F .

Информация о состоянии объекта передается по шинам L , B , Q , X . Сигнал L может исходить от нескольких источников запроса в модуле. Модули, занимающие несколько станций, генерируют сигналы на соответствующих шинах L .

Возможность индивидуального сброса каждого источника запроса обеспечивается командами $F(10)$ «Сброс запроса» и $F(2)$ «Селективный сброс регистра группы 2». Все источники запроса должны одновременно сбрасываться сигналом «Пуск».

Модуль, выработавший сигнал $L=1$, не сбрасывает источники запросов до получения соответствующей команды или сигнала Z . В модуле должны быть средства для проверки сигнала L операцией $F(8)$ «Проверка запроса» по субадресу, отличающемуся от используемых при проверках требований от источников запросов.

Сигнал B применяется для блокировки различных частей системы, способных конкурировать в использовании магистрали крэйта. Сигнал $B=1$ должен генерироваться во время каждой командной операции на магистрали крэйта одновременно с сигналом N , а также во время безадресных операций одновременно с сигналами Z , C .

Сигнал Q принимается контроллером по сигналу $S1$ от адресуемых модулей при операциях чтения и записи, которые его устанавливают до $S1$ и поддерживают до появления $S2$ во время каждой командной операции. Сигнал Q генерируется модулем при передачах блоков данных во время операций «Чтение» и «Запись»: в режиме адресного скапирования ($Q=1$ для всех субадресов, имеющих адресуемые регистры, и $Q=0$ для первого субадреса, по которому нет такого регистра); в режиме повторения ($Q=1$, если регистр готов принять участие в передаче данных, и $Q=0$ в противном случае); в стоп-режиме ($Q=1$ во время передачи блока данных и $Q=0$ при ее окончании); в других режимах, допускающих использование блоков передачи данных.

Сигнал X генерируется адресуемым модулем при распознавании команды, для выполнения которой имеются средства либо в самом модуле, либо во внешнем оборудовании. Сигнал $X=0$ указывает на серьезный сбой: модуль отсутствует или не имеет питания; нарушены внешние соединения; модуль не предназначен для выполнения требуемых действий. В ответ на $Q=0$ контроллер обычно формирует требование на прерывание ЭВМ.

Сигналы общего управления Z , C , I воздействуют без использования адресации на все станции крэйта (Z — пуск всех блоков, C — сброс регистров данных, I — запрет обусловленных действий, например приема данных). Сигналы Z и C сопровождаются сигналами B и $S2$, однако допускается включение в эту последовательность сигнала $S1$. Сигнал I может генерироваться в любое время и приниматься каждым блоком, если не связан с операциями на магистрали крэйта.

Сигнал Z используется при запуске системы и имеет абсолютный приоритет над другими. Блоки, генерирующие сигнал Z , должны также синхронизировать последовательность, содержащую сигналы B , $S2$, I .

Сигнал $I=1$ запрещает в модуле все элементы, связанные с шиной I . Все блоки, генерирующие сигнал I и способные поддерживать состояние $I=1$, должны реагировать на сигнал $Z \cdot S2$ генерированием и поддержанием $I=1$ до специального сброса.

6.2.3. Функциональная организация

Цикл магистрали устанавливается контроллером, который определяет три интервала: начало цикла, когда команда NAF , сигнал B и данные (при записи) поступают на магистраль (длительность 400 нс); генерацию строб-сигналов $S1$ и $S2$ (длительностью 200 нс); конец цикла, когда все сигналы снимаются с магистрали (длительность 100 нс).

Цикл полностью определяется контроллером, и отдельный модуль не может влиять на длительность цикла. Наименьшее время

цила соответствует 1 мкс, но допустимы циилы большей длительности. В предельном случае последовательно идущих операций с одной и теми же командами могут полностью отсутствовать переходы сигналов между удалением и установлением сигналов NAF и W, а сигнал В — поддерживаться непрерывно.

6.2.4. Физическая реализация

Уровни сигналов на магистрали выбраны исходя из требований, предъявляемых интегральными микросхемами типа ТТЛ, которые в настоящее время наиболее широко применяются в системе КАМАК. Высокий уровень сигнала соответствует 0, низкий — 1.

Сигналы с выходов всех сменных блоков должны поступать на шины магистрали через внутренние схемы ИЛИ. Каждая шина имеет индивидуальный источник тока смещения, чтобы восстанавливать лог. 0 в отсутствие приложенной лог. 1.

Время нарастания и спада выходных сигналов на шинах МК должно быть не менее 10 нс.

Уровни напряжений сигналов на МК

	Лог. 0	Лог. 1
Сигнал, принимаемый на входе, В . . .	2,0...5,5	0...0,8
Сигнал, принимаемый на выходе, В . . .	3,5...5,5	0...0,5

Источники тока для всех сквозных шин (кроме свободных), а также линий N и L должны быть в контроллере. При этом допускается подключение в каждой шине N и L дополнительных блоков через коммутационные точки и вспомогательные соединители.

Минимальные токи (в мА), отбираемые из шины контроллером (блоком), генерирующим сигналы (шина в состоянии лог 1) имеют следующие значения: N — 6,4; L, Q, X, R — 16; A, F, W, B, Z, I, S1, S2 — 1,6 (25 — k), где k — число станций, занимаемых блоком.

В каждом крейте обеспечивается питание всех обязательных шин. Максимальные токовые нагрузки не должны превышать следующих значений:

Напряжение, В	Ток в блоке, А	Ток в крейте, А
+ 24	1	6
+ 6	2	25
— 6	2	25
— 24	1	6

Пропускаемый каждым контактом розетки ток должен быть не более 3 А.

Рассеиваемая мощность на каждой станции не должна превышать 8 Вт в общем случае и 25 Вт в особых условиях.

6.2.5. Специализированные унифицированные контроллеры крейта

1. Общие сведения. В типовых системах на базе мини- и микроЭВМ типа СМ ЭВМ и «Электроника» крейты радиально подключаются к магистрали ЭВМ (типа ОШ) с помощью унифицированных КК программного обмена в КК с каналом прямого доступа (ККПД).

Наиболее оптимальным КК программного обмена являются контроллеры с организацией СНА (F) (по числу используемых параметров команды КАМАК (CNA) для передачи их по линиям адреса ОШ). Эти контроллеры, как правило, соответствуют стандартам IEC 516 и IEC 729, обеспечивают пропускную способность порядка 30...40 Кслов/с при использовании практически всех ресурсов процессора. В рамках операционной системы (ОС) с применением унифицированных драйверов пропускная способность КК ограничивается на уровне 10 Кслов/с. Серийно выпускаемыми унифицированными КК данного типа являются КК СМ для СМ ЭВМ и К-16 — для системы «Электроника». В отечественной практике наиболее широко применяется ККПД для СМ ЭВМ, программно и физически совместимый с КК СМ. Быстродействие ККПД в режиме ПДП достигает 200 Кслов/с.

Оба контроллера вследствие четырех вариантов исполнения обеспечивают подключение к ЭВМ до четырех крейтов.

2. Контроллер крейта типа КК СМ. Контроллер предназначен для управления оборудованием одного крейта КАМАК по программному каналу ЭВМ, используется в составе НВК на базе мини- и микро-ЭВМ системы СМ ЭВМ, «Электроника», ПЭВМ.

В состав устройства входит кабель связи с ОШ, кабель связи с другим аналогичным КК и заглушка ОШ.

Обмен данными с модулями КАМАК осуществляется 16- и 24-разрядными словами в режиме прерываний и по опросу готовности. Передача 16- и 24-разрядных данных по основным командам КАМАК осуществляется соответственно за 1 и 2 команды. Возможна передача данных между модулями по одной команде ЭВМ.

Адресуемые регистры КК — регистр управления и состояния (РУС), регистр маски и запросов (РМЗ), регистры старшего байта (РСБ).

Адресация модулей — непосредственно с линий адреса ОШ. Возможно подключение к ЭВМ до четырех аналогичных КК.

Система прерывания является однолинейной, приоритетной, имеет восемь подуровней, обеспечивает формирование восьми векторов прерывания по запросам от модулей и по признаку результата $X=0$.

Формат адресации при обращении к регистрам КК и модулей по ОШ: $(A_{17}=A_{16}=...=A_{13}=1)$, $A_{12}=0$, (A_{11}, A_{10}) — номер крейта С; $(A_9...A_05)$ — номер станции N; $(A_{04}...A_{01})$ — субадрес модуля A; A_{00} — признак работы с байтом

Идентификация регистров КАМАК на ОШ: крейты 1...4 — (164000...165376), (166000...167376), (162000...163376), (160000...161376).

Идентификация внутренних регистров КК: N (0) A (0) — РУС, N (0) A (1) — РМЗ, N (0) A (2) — РСБ.

Формат РУС (разряды): 0...4 — F — код F функции команды КАМАК ($F_1...F_{16}$); 5 — $I_{пр}$ — программное управление сигналом I; 6 — PD — разрешение прерывания контроллера; автоматически сбрасывается после выполнения операции прерывания по ОШ; 7 — D — сборка по ИЛИ незамаскированных запросов; 8 — C — программное управление сигналом C; автоматически сбрасывается после выполнения команды КАМАК; 9 — Z — программное управление сигналом Z; автоматически сбрасывается после выполнения команды КАМАК; 10 — PX — маска запроса для сигнала $X=0$; 11 — S — запрещает генерацию цикла МК при выполнении на ОШ операций типа «Чтение с паузой»; 12 — I-индикация линии I (запрет); 13 — не используется;

14 — X — ответ X выполненной команды КАМАК; 15 — Q — ответ Q выполненной команды КАМАК.

Доступные по записи с ОШ разряды РУС: 0...4, 5, 6, 8...11. По чтению доступны все разряды РУС.

Регистр РМЗ содержит два 8-разрядных регистра: маски (РМ) и запросов (РЗ). Регистр РМ (0...7) содержит маски запросов М1...М8, регистр РЗ (8...15) — разряды запросов D1...D8. Разрядам М1...М8 соответствуют разряды D1...D8. Содержимое РМ и РЗ может считываться с ОШ, а РМ — записываться.

На разряды D1...D8 коммутируются соответствующим образом L-сигналы от модулей КАМАК и сигнал L (X=0). Разряд D8 имеет высший приоритет по прерыванию.

Регистр РСБ имеет два независимых 8-разрядных регистра: чтения (РСБЧ) и записи (РСБЗ). Для записи 24-разрядного слова в модуль КАМАК перед выдачей команды КАМАК в РСБЗ загружаются восемь старших разрядов. При чтении 24-разрядного слова из модуля 16-разрядное слово непосредственно передается в ЭВМ, а восемь старших разрядов — в РСБЧ. Его содержимое может быть считано в ЭВМ последующей операцией. Система прерывания контроллера обеспечивает индивидуальное маскирование запросов D1...D8, автоматическое выделение наиболее приоритетного (в порядке возрастания номеров), формирование двоичного кода запроса и соответствующего вектора прерывания. Базовые векторы прерывания — 300, 340, другие могут выбираться из диапазона 40...1440 с шагом 40.

Элементами передней панели являются: РХ1 — входной соединитель для кабеля общей шины, РХ2 — выходной соединитель для кабеля или заглушки общей шины. Индикация сигналов В (занят), D (запрос), I (запрет) осуществляется на светодиодах.

3. Контроллер крейта ККПД СМ. Контроллер предназначен для управления оборудованием одного крейта КАМАК по программному каналу и КПД к памяти ЭВМ, имеющих выход на интерфейс ОШ СМ, программно совместим с контроллером типа КК СМ. Контроллер применяется в ИВК-Ф и других комплексах, имеющих выход на ОШ.

По ПК обмен с модулями КАМАК осуществляется 16- и 24-разрядными словами в режиме прерываний и по опросу готовности, по КПД — 16-разрядными словами с быстродействием до 200 Кслов/с.

Архитектура контроллера обеспечивает возможность подключения к ЭВМ до четырех аналогичных контроллеров. Адресация модулей КАМАК — непосредственно с линий адреса ОШ.

На разряды D1...D8 коммутируются соответствующим образом 23 линии запросов от модулей и внутренние запросы контроллера, коммутируемые на разряд D8, имеющий высший приоритет. Контроллер формирует восемь векторов прерывания. Базовый адрес вектора прерывания может устанавливаться с помощью коммутационного поля в диапазоне адресов 40...1440 с шагом 40.

Источниками внутренних запросов контроллера являются: ответ X=0 от модуля по программному каналу, ошибки КПД при ответах X=0 или Q=0 от модуля, переполнение регистров РАП и РСС, таймаут по ОШ.

Регистр РСБ — 8-разрядный регистр, предназначенный для хранения старшего байта 24-разрядного слова данных команд КАМАК. Доступен по записи и считыванию.

Регистр РУК ПД выполняет функции управления обменом в режиме ПДП и имеет следующий формат (разряды): 0, 1 — разряды адреса памяти A16, A17; 2 — РПК — разрешение прерывания от КПД; 3...6 — не используются; 7 — ПРС — идентифицирует перепол-

нение счетчика РСС; 8 — ЗКП — инициирует запуск КПД; 9 — не используется; 10 — ХК — содержит ответ X последнего выполненного цикла передачи данных в режиме КДП; 11 — QK — содержит ответ Q последнего выполненного цикла передачи данных в режиме КДП; 12 — ПРА — идентифицирует переполнение РАП; 13 — не используется; 14 — ТОШ — тайм-аут ОШ при операции ПДП при неполучении от ОЗУ синхросигнала ответа; 15 — ОШК — ошибка канала, сборка по ИЛИ разрядов РУС (10...12, 14).

Разряды РУК (0...2) доступны по записи и чтению, разряды РУК (7, 10...12, 14) — только по чтению. При записи в разряды РУК (4, 12) записываются нули.

Регистр команды КАМАК (разряды): 0...4 — F — двоичный код функции КАМАК (F1...F16); 5...8 — A — двоичный код субадреса (A1...A8); 9...13 — N — двоичный код номера станции (N1...N16); 14, 15 — не используются.

Регистр РАП хранит младшие 16 разрядов начального текущего адреса области памяти, с которой производится обмен.

Регистр РСС хранит в дополнительном 16-разрядном коде длину блока передаваемых данных.

Контроллер выполняет следующие *типы операций*: с внутренними регистрами ПК и КПД; адресованные к регистрам модулей КАМАК по ПК; адресованные к регистрам модулей КАМАК по КПД; по сигналу «Подготовка» на ОШ. Операции обращения к внутренним регистрам контроллера могут осуществляться словами и байтами.

6.3. ИНТЕРФЕЙС МАГИСТРАЛИ ВЕТВИ

6.3.1. Общие сведения

Интерфейс предназначен для организации многокрейтовых систем на основе машинонезависимой МВ с применением бит-параллельного асинхронного способа обмена информацией.

Стандарт ГОСТ 26.201 I—84 устанавливает требования к составу и структуре интерфейса электрическим сигналам и логике обмена информацией, которые обеспечивают совместимость крейтов КАМАК, содержащих сменные функциональные блоки и контроллер, с одним устройством управления МВ (далее ДВ) и между собой, а также основные требования к унифицированному ВКК, обеспечивающему совместимость крейга с МВ.

Стандарт соответствует публикации МЭК 522.

Аппаратная часть интерфейса включает ВКК для МВ; ДВ; устройства согласования (УС). Число ВКК, подключаемых к магистральному каналу и доступных при обмене информацией ДВ, не более 7. Обмен информацией осуществляется последовательной передачей бит-параллельных слов с разрядностью слова не более 24 бит по двунаправленной шине данных МВ.

Подключение ВКК и ДВ к магистральному каналу производится через 132-контактный соединитель (с установленным назначением каждого контакта), обеспечивающий подсоединение 65 сигнальных линий 65 соответствующих им обратных линий и двух линий экрана кабелей.

В ВКК предусмотрено два режима работы: системный и автономный. В автономном режиме ВКК, оставаясь физически подключенным к магистральному каналу, не участвует в операциях ветви и не ока-

зывает влияния на их прохождение. ДВ должен иметь средства для идентификации контроллеров, находящихся в системном режиме.

На МВ выполняются *два вида операций*: командные и обработки требований. Во время *командных операций* ДВ генерирует команду, содержащую в общем случае: адресную информацию для выбора одного или нескольких ВКК, данные и информацию о функции, подлежащей исполнению. Каждый адресованный ВКК осуществляет прием команды с МВ и генерирует соответствующую операцию на МК по ГОСТ 27080—86. При исполнении команды чтения адресованный модуль устанавливает на шине «Чтение» МК данные, которые ретранслируются ВКК на шину данных МВ и принимаются ДВ. При исполнении команды записи ДВ генерирует на шину данных МВ данные, которые ретранслируются ВКК на шину «Запись» МК и принимаются адресованным модулем. Во время других командных операций передача данных по магистральному каналу не производится.

Операция обработки требований выполняется для обслуживания ДВ запросов от модулей крейтов по L-сигналам и может быть двух видов: без идентификации и с идентификацией источников запросов. Операция обработки требований без идентификации источников запросов заключается в фиксации ДВ сигнала «Запрос ветви», образованного КК путем объединения L-сигналов от модулей. Операция обработки требований с идентификацией источников запросов инициируется ДВ (как правило в ответ на получение им сигнала «Запрос ветви») установкой на МВ сигнала «Сортировка запросов», который адресован ко всем КК, находящимся в системном режиме работы. При получении этого сигнала каждый ВКК должен сформировать из своих L-сигналов 24-разрядное слово запросов. Слова запросов от всех КК объединяются на шине данных МВ и передаются в ДВ для идентификации 24 различных запросов от модулей.

Процесс передачи информации для всех видов операций на МВ осуществляется по принципу «запрос — ответ» с использованием специальных синхронизирующих сигналов, обеспечивающих автоматическое управление операциями с учетом реальных временных задержек в работе устройств системы.

Запуск системы осуществляется по единственному сигналу общего управления, поступающему на МК через соединитель МВ.

6.3.2. Логическая организация

Шины, подводимые к определенным контактам соединителя МВ, используются в соответствии с *требованиями*, установленными ниже (табл. 6.6). Шины, а также источники сигналов на шинах МВ обозначаются с использованием префикса В для отличия их от соответствующих шин МК.

Шины команды используются для передачи сигналов команды, управляющих исполнением командных операций. При исполнении командной операции сигнал на линии ВG должен быть в состоянии «0». Команда состоит из сигналов, генерируемых ДВ: на индивидуальных BCR-линиях шины «Адрес крейта»; на пяти VN-линиях шины «Номер станции»; на четырех ВА-линиях шины «Субадрес»; на пяти BF-линиях шины «Функция».

Адресация каждого из семи ВКК при выполнении операции на МВ осуществляется сигналом по одной из семи подключаемых к этому контроллеру линий BCR, шины «Адреса крейтов» ($i=1...7$). Каждый ВКК имеет средства переключения адресных линий для выбора ему соответствующей BCR-линии.

Т а б л и ц а 6.6. Магистраль ветви

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Команда</i>		
Адрес крейта	BCR...BCR7	Выбор крейта
Номер станции	BN1, BN2, BN4, BN16, BN32	Кодирование номера станции
Субадрес	BA1, BA2, BA4, BA8	Выбор узла в модуле
Функция	BF1, BF2, BF4, BF8, BF16	Определение команды, подлежащей исполнению
<i>Данные</i>		
Чтение/запись	BRW1...BRW24	Передача и прием информации
<i>Состояние</i>		
Ответ	BQ	Сообщение о состоянии объектов, выбранных командой
Команда принята	BX	Сообщение о готовности модуля выполнить действия по команде
<i>Синхронизация</i>		
Синхронизация А	ВТА	Указание о том, что команда установлена
Синхронизация В	ВТВ1...ВТВ7	Указание о том что данные установлены ВКК
<i>Управление запросами</i>		
Запрос ветви	BD	Указание о требовании обслуживания
Сортировка запросов	BG	Инициирование операции обработки требований
<i>Общее управление</i>		
Пуск	BZ	Запуск системы (приведение модулей в исходное состояние)
<i>Резервные</i>		
—	BV6, BV7	Резервирование для будущего назначения
<i>Свободные</i>		
—	BV1...BV5	Для нерегламентируемых применений

Порядок размещения крейтов по МВ не должен обязательно совпадать с их адресами, соответствующими номерам подключений ВСР-линий. ДВ должен иметь возможность генерировать сигналы одновременно более чем на одной ВСР-линии, с тем чтобы передать одинаковую команду нескольким крейтам. Не допускается подключение более чем одного ВКК, находящегося в системном режиме работы, к одной и той же ВСР-линии.

Сигналы на ВN-линиях шины «Номер станции» используются для указания двоичного кода номера станции в адресованном крейте (крейтах). Эти сигналы декодируются в ВКК. Назначение каждого из 32 кодов приведено в табл. 6.7. При исполнении командной опера-

Т а б л и ц а 6.7. Назначение кодов номеров станций

Код	Назначение	Применение
N (0) N (1) ... N (23)	Резервный Выбор рабочей станции	— Обращение к рабочей станции, занимаемой контроллером, не требуется
N (24)	Выбор рабочих станций, указанных ранее	Обращение к рабочим станциям, номера которых указаны содержимым регистра контроллера
N (26)	Выбор всех рабочих станций	Обращение сразу ко всем рабочим станциям
N (28) N (30)	Выбор контроллера Выбор контроллера	— Операция на магистрали крейта не выполняется
N (25, 27, 29, 31)	Резервные	—

ции сигналы на линиях ВА и ВF реганслируются адресованным ВКК, находящимся в системном режиме работы, соответственно на линии А шины «Субадрес» и на линии F шины «Функция» МК.

Шина данных (линии «Чтение/запись» ВRW) при исполнении командной операции чтения используется для передачи данных от адресованных ВКК к ДВ, причем по линии ВRW1 передается сигнал, соответствующий состоянию линии R1 МК и т.д. При исполнении командной операции записи эти же 24 линии используются для передачи данных от ДВ к ВКК, причем состояние линии ВRW1 передается на линию W1 МК и т.д. При исполнении операции обработки требований линии шины данных используются для передачи ДВ информации о запросах от всех ВКК, находящихся в системном режиме работы.

Выдача сигналов на линии шины данных осуществляется только ДВ при исполнении командной операции записи; адресованными ВКК, находящимися в системном режиме работы, при исполнении операции обработки требований и командной операции чтения.

Шина состояния (линии ВQ и ВX) используется при исполнении командной операции, сопровождаемой операцией на МК. Каждый

адресованный ВКК, находящийся в системном режиме работы, должен генерировать на линии ВQ сигнал «Ответ» (ВQ), соответствующий сигналу Q на МК ($BQ=Q$). При исполнении командной операции, не сопровождаемой операцией на МК, адресованный ВКК, находящийся в системном режиме работы, должен генерировать сигнал ВQ, соответствующий состоянию его функциональных элементов. Во всех других случаях, кроме указанных выше, ВКК должны генерировать сигнал $BQ=0$. Сигнал «Ответ», принимаемый ДВ по линии ВQ, является логической суммой сигналов «Ответ» от всех ВКК.

При исполнении командной операции, сопровождаемой операцией на МК, каждый адресованный ВКК, находящийся в системном режиме работы, должен генерировать на линии ВХ сигнал «Команда принята» (ВХ), соответствующий сигналу Х на МК. При исполнении всех других командных операций ВКК должен генерировать сигнал $BX=1$, если команда им принята, и сигнал $BX=0$, если команда им не принята. Сигнал «Команда принята», принимаемый ДВ по линии ВХ, является логической суммой сигналов «Команда принята» от всех ВКК.

В ВКК и ДВ, имеющих средства для контроля ответных сигналов Х или ВХ, должен быть предусмотрен режим функционирования, в котором игнорируется отсутствие сигналов Х или ВХ ($X=0$ или $BX=0$). Этим обеспечивается нормальная (без автоматических аварийных прерываний) работа системы, в состав которой могут входить модули, не обеспеченные средствами генерирования сигналов Х и ВХ.

При передаче блоков данных в режиме адресного сканирования наличие комбинации сигналов $Q=0$, $X=0$ также не должно приводить к автоматическому аварийному прерыванию в системе. При исполнении операции обработки требований с идентификацией источников запросов сигнал ВХ, получаемый ДВ в ответ на сигнал ВQ, не регламентируется.

Шина синхронизации (линии ВТА, ВТВ_i) обеспечивает управление передачей информации по МВ при исполнении командных операций и операций обработки требований с помощью синхронизирующих сигналов по одной общей линии ВТВ и по семи индивидуальным линиям ВТВ_i.

Драйвер ветви инициирует операции на МВ сигналами на общей линии ВТА, а каждый адресованный ВКК в ответ устанавливает сигнал на одной из семи подключенных к нему линий ВТВ_i. Номер линии ВТВ_i соответствует номеру линии ВCR_i, посредством которой адресуется ВКК. Контроллер крейта, находящийся в системном режиме работы, должен генерировать сигнал $ВТВ_i=1$, если к нему не обращаются по адресной линии ВCR_i.

Драйвер ветви должен генерировать сигнал $ВТА=1$ для указания на то, что им на МВ установлены сигналы команды или сортировки запросов. Сигнал $ВТА=1$ должен поддерживаться до тех пор, пока ДВ не примет ответную информацию о том, что сигналы на линиях ВRW или ВQ установлены. При выполнении операций на МВ каждый ВКК должен генерировать сигнал $ВТВ_i=0$, когда он установит сигналы на шину данных ВRW или на линию ВQ.

Синхронизирующие сигналы с выходов ДВ или ВКК поступают на соответствующие линии МВ через внутренние схемы ИЛИ и имеют время нарастания от 10 до 90 % уровня сигнала в пределах $100 \pm \pm 50$ нс.

Шина управления запросами содержит линии ВD и ВG. Каждый ВКК должен иметь возможность генерировать сигнал запроса на обслуживание при наличии сигналов L на МК. Сигнал запроса на об-

служивание формируется как некая логическая функция сигналов и через внутреннее соединение ИЛИ поступает на общую линию МВ.

Сигнал BD может генерироваться в любое время и должен иметь время нарастания от 10 до 90 % уровня сигнала в пределах 100 ± 50 нс.

Задержка между моментом времени, когда сигнал L на управляющей станции ВКК достигает установившегося состояния лог. 1 или лог. 0 и моментом времени, когда сигнал BD на соединителе МВ того же самого ВКК достигает соответствующего установившегося состояния лог. 1 или лог. 0, не превышает 400 нс.

Драйвер ветви инициирует операцию обработки требований с идентификацией источников запросов генерированием сигналов «Сортировка запросов» по линии BG с сопровождением его адресными сигналами по линиям BCR_i ко всем крейтам, находящимся в системном режиме работы. Каждый адресованный ВКК при получении сигнала BG генерирует 24-битовое слово запросов на шину данных МВ. ДВ принимает логическую сумму слов запросов от всех ВКК.

В каждом крейте сигналы L от модулей могут быть подвергнуты сортировке для того, чтобы связать необходимые запросы с состоянием тех или иных битов слова запросов.

Сигнал общего управления «Пуск» (BZ) генерируется ДВ, используется при запуске многокрейтовой системы и имеет абсолютный приоритет над всеми другими сигналами на МВ. Синхронизирующие сигналы BTA и BTV с сигналом BZ не используются. Длительность сигнала BZ не менее 10 мкс. ДВ не должен инициировать командных операций или операций обработки требований в течение 5 мкс после снятия сигнала BZ. При получении по линии BZ сигнала с длительностью не менее 3 ± 1 мкс ВКК инициирует генерацию сигнала Z из МК вместе с последовательностью сигналов B и S2. Допускается включение в эту последовательность сигнала S1.

Все ВКК для МВ должны включать средства для генерирования сигналов C и I на МК.

6.3.3. Функциональная организация

1. Операции на магистрали. Обмен информацией по шинам МВ организуется в виде операций на МВ. Управление последовательностью событий во время каждой операции осуществляется синхронизирующими сигналами BTA и BTV_{1...BTV7}. Каждая операция на МВ разделяется на четыре фазы. Связь между последовательностями событий во время выполнения операций на МВ и операции на магистрали адресованного крейта соответствует табл. 6.8 и ГОСТ 27080—86.

Для унифицированного ВКК временные соотношения между синхронизирующими сигналами S1 и S2 на МК и синхронизирующими сигналами BTA и BTV удовлетворяют соответствующим требованиям.

2. Командные операции. При выполнении командной операции может быть адресация к одному или нескольким крейтам.

Последовательность событий во время операции чтения следующая. В течение фазы 1 ДВ устанавливает на шинах команды сигналы BCR, BN, BA, BF и, после задержки на время установления уровней сигналов, генерирует BTA=1, что инициирует фазу 2 операции чтения. В течение фазы 2 каждый адресованный ВКК, получив BTA=1, должен выполнять действия, связанные с проведением на МК командной операции чтения или с чтением его регистров. При завершении фазы 2 ВКК должен выставить сигналы на шине BRW и линиях BQ и BX и затем сгенерировать сигнал BTV_i=0. ДВ иницииру-

Т а б л и ц а 6.8. Выполнение командной операции на МВ

Действие в ДВ	Действие в ВКК
Фаза 1	
1. Установка номера (и данных записи)	—
2. Задержка для установления уровня сигналов	—
Фаза 2	
1. Перевод ВТА из лог. 0 в лог. 1	1. Инициирование операции на МК
2. Ожидание $ВТВ_i=0$ от всех адресованных ВКК	2. Установка ВQ и ВХ (и данных чтения на МВ или данных записи на МК)
	3. Перевод ВТВ из лог. 1 в лог. 0
Фаза 3	
1. Задержка для установления уровня сигналов	—
2. Прием ВQ и ВХ (и данных чтения)	—
Фаза 4	
1. Перевод ВТА из лог. 1 в лог. 0	1. Завершение операции на МК
2. Ожидание $ВТВ_i=1$ от всех адресованных ВКК	2. Снятие ВQ и ВХ (и данных чтения) с МВ
	3. Перевод ВТВ _i из лог. 0 в лог. 1

ет фазу 3 после получения последнего из сигналов $ВТВ_i=0$ от всех адресованных ВКК.

При выполнении фазы 3 после задержки, необходимой для установления уровней сигналов, ДВ должен провести действия, связанные с приемом информации с линией ВRW, ВQ и ВХ. После приема этой информации ДВ генерирует сигнал $ВТА=0$, чем инициируется фаза 4 операции чтения.

В течение фазы 4 каждый адресованный ВКК, получив $ВТА=0$, должен выполнить действия, необходимые для завершения командной операции на своей МК и снятия сигналов. Для унифицированных ВКК сигналы ВRW, ВQ и ВХ должны быть сняты не позже момента окончания операции на МК. Для неунифицированных ВКК допускается снятие ВRW и ВQ в течение 400 нс после окончания операции на МК. После снятия всех сигналов с линий ВRW, ВQ и ВХ, а также сигналов с линий В и N магистрали крейта ВКК генерирует сигнал $ВТВ_i=1$. Драйвер ветви заканчивает фазу 4 и может снять сигналы команды после получения сигналов $ВТВ_i=1$ от всех адресованных крейтов.

Фаза 1 следующей командной операция или операция обработки требований может быть начата сразу после окончания фазы 4.

Операция записи выполняется аналогично команде чтения с тем отличием, что сигналы данных записи генерируются ДВ в момент установки и поддерживаются в течение всего времени действия сигналов команды. Кроме этого, сигнал $ВТВ_i=1$ от ВКК при выполнении фазы 4 должен быть дополнительно обусловлен наличием информации о приеме данных записи.

3. Командные операции управления. При выполнении командных операций с кодами функций $F(8)...F(15)$ и $F(24)...F(31)$ информация по шинам «Чтение» и «Запись» МК не передается. По линии ВQ в ответ на любую из этих команд может передаваться информация о состоянии модуля. Изменение ВQ как следствие изменения сигнала Q допускается в любое время.

Последовательность событий во время операции обработки требований соответствует табл. 6.9. ДВ устанавливает сигналы $BCR_i=0$

Таблица 6.9. Выполнение операции обработки требований на МВ

Действие в ДВ	Действие в ВКК
Фаза 1	
1. Установка ВG и BCR_i для всех адресованных ВКК	—
1. Задержка для установления уровня сигналов	—
Фаза 2	
1. Перевод ВТА из лог. 0 в лог. 1	1. Установка GL-сигнала на МВ
2. Ожидание $ВТВ_i=0$ от всех адресованных ВКК	2. Перевод ВТВ из лог. 1 в лог. 0
Фаза 3	
1. Задержка для установления уровня сигналов	—
2. Прием GL-сигналов	—
Фаза 4	
1. Перевод ВТА из лог. 1 в лог. 0	1. Снятие GL-сигналов
2. Ожидание $ВТВ_i=1$ от всех адресованных ВКК	2. Перевод ВТВ из лог. 0 в лог. 1.

на линиях, соответствующих ВКК, отсутствующим и находящимся в автономном режиме работы, и $BCR_i=1$ на линиях, соответствующих ВКК, находящимся в системном режиме. Сигналы на линиях BCR_i сопровождаются сигналом $ВG=1$. После установления сигналов на линиях BCR_i и ВG драйвер ветви генерирует сигнал $ВТА=1$. Сигналы на шинах команды в данной операции не используются и игнорируются ВКК.

При получении сигналов ВG, BCR_i и ВТА каждый КК, находящийся в системном режиме работы, должен выставить на шину ВRW

через внутренние выходы ИЛИ свое слово запросов. Генерирование сигналов В, S1 или S2 на МК при этом не производится.

Формирование слова запросов из сигналов МК не обязательно должно производиться в КК. Для этой цели в крейте может быть использован функциональный модуль «Сортировщик запросов», подключаемый к КК через специальный разъем, как это предусмотрено для унифицированного КК.

Каждый адресованный КК генерирует сигнал $ВТВ_i=0$ после установки своего слова запросов на линии BRW. ДВ после получения последнего из сигналов $ВТВ_i=0$ от всех адресованных КК и задержки, необходимой для установления уровней сигналов, проводит действия, связанные с приемом слова запросов с шины BRW, и затем генерирует сигнал $ВТА=0$. Каждый адресованный КК, получив сигнал $ВТА=0$, снимает слово запросов с шины BRW и генерирует сигнал $ВТВ_i=1$. ДВ заканчивает операцию обработки требований и снимает сигналы с линий BG и BCR после получения сигналов $ВТВ_i=1$ от всех адресованных КК.

4. Идентификация режима работы контроллеров крейтов. В период между окончанием фазы 4 некоторой операции на МВ и началом фазы 2 следующей операции ДВ может идентифицировать режимы работы ВКК по сигналам на линиях: $ВТВ_i=1$ поступает от ВКК, находящихся в системном режиме работы; $ВТВ_i=0$ поступает от ВКК, находящихся в автономном режиме работы, а также указывает на отсутствующие крейты. ДВ должен использовать возможность такой идентификации непосредственно перед выполнением каждой операции обработки требований для того, чтобы установить сигналы $ВCR_i=1$ на всех адресных линиях, соответствующих ВКК, находящимся в системном режиме работы, т. е. ДВ должен генерировать сигналы $ВCR_i=1$, если $ВТВ_i=1$.

6.3.4. Физическая реализация

Для подключения устройств к МВ должен использоваться 132-контактный *соединитель*. Розетка соединителя, устанавливаемая на ДВ, ВКК и УС, должна иметь 132 гнезда. Вилка соединителя, закрепляемая на кабеле, должна иметь 132 штырька. Распределение линий МВ по контактам соединителя соответствует табл. 6.10.

На *передней панели* каждого ВКК устанавливается не менее двух розеток соединителя. В контроллере обеспечивается соединение одноименных контактов розеток для образования непрерывных линий распространения сигналов МВ. Розетки ориентируются при установке таким образом, чтобы контакт 1 у расположенного сверху соединителя был сверху, а у расположенного внизу — снизу.

На ДВ устанавливается по крайней мере одна розетка соединителя, если он включает устройства согласования линий МВ, и не менее двух розеток, если такие устройства в ДВ не содержатся.

Характеристики сигналов на магистральных соединителях всех устройств, подключаемых к МВ, должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 6.11. Магистраль ветви должна обеспечивать условия, эквивалентные кабелю из витой пары с волновым сопротивлением не менее 70 Ом.

Установленное значение тока нагрузки относится к суммарному току, подаваемому устройством в сигнальную линию МВ. К каждой сигнальной линии разрешается подключать не более восьми устройств. Все устройства, которые передают сигналы на МВ, должны быть источниками, позволяющими объединение своих выходов по схеме

Т а б л и ц а 6.10. Назначение контактов магистрального соединителя МВ

Сигнальный контакт	Обратный контакт	Обозначение сигнала	Наименование сигнала
32, 35, 67...69	13...16, 50...52	BCR1...BCR4, BCR5...BCR7	Адрес крейта
36...40	17...21	BN1...BN16	Адрес станции
41, 23...25	1...4	BA1...BA8	Субадрес
70...74	53...57	BF1...BF16	Код функции
93...110, 112, 114,..., 130	76...91, 113, 115,..., 131	BRW1...BRW16 BRW17...BRW24	Линии чтения/записи
61	44	BQ	Ответ
63	46	BTB	Синхронизация
31, 11, 58, 132, 132, 123, 120, 121	10, 12, 22, 92, 102, 101, 122	BTB1...BTB4, BTB5...BTB7	
60, 59	43, 42	BD, BG	Запрос сортировки
62	45	BZ	Пуск
26...29, 39, 64, 65	5...9, 47, 48	BV1...BV5, BV6, BV7	Свободные линии
66	49	BX	Команда принята
111	75	BSC	Экран кабеля

Т а б л и ц а 6.11. Характеристики сигналов на МВ магистрали

Характеристики	Логическое состояние	Абсолютные пределы	Рекомендуемое значение
Входы:			
диапазон напряжений, принимаемых блоком, В	0	+2,4...+5,5	—
	1	0...+1,2	
максимальная токовая нагрузка, создаваемая блоком, мА	0	$\pm 0,3$	$\pm 0,3$
	1	$\pm 1,6$	
Выходы:			
диапазон напряжений, генерируемых блоком, В	1	0...+0,5	0...+0,3
минимальная токовая способность, мА	1	127	133
Устройство согласования:			
напряжение разомкнутой цепи, В	0	+4,5	+4,1
ток при коротком замыкании, мА	1	50	—
оконечное сопротивление, Ом	—	—	—
волновое сопротивление МВ, Ом	—	70	100 100

ИЛИ. Все 65 сигнальных линий согласованы на одном конце МВ с помощью схем, обеспечивающих требуемый ток смещения для восстановления на линии лог. 0 и необходимую оконечную нагрузку для ограничения эффектов отражения сигналов. Все обратные линии и линии, подключаемые к экрану кабеля, заземлены в этом УС. Ток, отдаваемый каждой согласующей схемой в линию МВ, находящуюся в лог. 1, не превышает значения тока короткого замыкания, приведенного в табл. 6.11.

Рекомендуется согласовывать все 65 сигнальных линий на обоих концах МВ, а также предусматривать УС в виде отдельного модуля, устанавливаемого на любом конце МВ и подсоединяемого к ней через второй магистральный соединитель последнего ВКК или ДВ.

Условия при автономном режиме работы и отключенном питании: КК, находящийся в автономном режиме работы и получающий нормальное питание, не должен генерировать лог. 1 на линии МВ. Рекомендуется, чтобы КК, находящийся в автономном режиме работы с отключенным питанием, не оказывал влияния на выполнение операций на МВ.

6.3.5. Унифицированный контроллер крейта

Унифицированный контроллер типа ВКК-А1 удовлетворяет требованиям ГОСТ 26.201.1—84, не имеет особенностей в аппаратных средствах или программном обеспечении, оказывающих влияние на его взаимозаменяемость с любым другим унифицированным ВКК-А1, а также с ВКК, выполняемым по требованиям ГОСТ 26.201.1—84 в части общих характеристик. Рекомендуется, чтобы унифицированные ВКК занимали управляющую станцию и не более одной рабочей станции.

На передней панели ВКК размещаются: две розетки магистрального соединения; устройства индикации выбранного адреса крейта (от 1 до 7); переключатель системного и автономного режимов работы; коаксиальный соединитель для ввода сигнала «Запрет» на МК; две кнопки для выдачи ручную сигналов «Пуск» и «Сброс» на МК.

На задней панели ВКК предусмотрен соединитель для подключения дополнительного функционального модуля «Сортировщик запросов» (СЗ-соединитель).

6.4. ИНТЕРФЕЙС ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ МАГИСТРАЛИ

6.4.1. Общие сведения

Интерфейс предназначен для организации многокрейтовых пространственно-распределенных систем, в которых используется побайтно-последовательный или поразрядно-последовательный синхронный способ обмена информацией по однонаправленной замкнутой линии передачи.

В стандарте на интерфейс установлены требования к структуре интерфейса, логике обмена информацией, форматам сообщений и электрическим сигналам, обеспечивающим совместимость крейтов КАМАК, содержащих ПКК, с ДПМ и между собой. В стандарте установлены требования к унифицированному ПКК типа L2, обеспечивающему совместимость с ПМ и взаимозаменяемость ПКК.

6.4.2. Логическая организация

Объединение унифицированных ПКК с ДПМ между собой осуществляется посредством ПМ, которая начинается на выходном разъеме ДПМ, проходит последовательно через каждый ПКК и оканчивается на входном разъеме ДПМ. Число программно-управляемых ПКК, подсоединяемых к ПМ и доступных при обмене информацией ДПМ, не более 62. Порядок подсоединения ПКК к ПМ должен обязательно совпадать с предписанными им адресами.

Интерфейс ПМ должен обеспечивать подключение к ДПМ следующих устройств: унифицированных ПКК типа L2 и ПКК с расширенными возможностями; устройств, выполненных не в конструктивах КАМАК, но использующих структуру сообщений ПМ.

Допускается использование в ПМ средств обхода устройств и средств отключения частей линий передачи информации вместе с подсоединенными к ним устройствами.

Сообщения, передаваемые по ПМ, состоят из последовательности 8-разрядных данных. Разряды 1...6 каждого байта образуют информационное поле байта, разряд 7 используется для разграничения (идентификации) первого и последнего байта сообщения, разряд 8 — бит нечетности байта (для лог. 1). Биты нумеруются справа налево, т. е. бит 1 соответствует наименьшему значащему биту (МЗБ), а бит 8 — наибольшему значащему биту (БЗБ).

Формат сообщения приведен на рис. 6.1. Каждое сообщение начинается с заглавного байта, содержащего адрес устройства, в част-

8	7	6	5	4	3	2	1
	0	Адрес (заглавный байт)					
	0	Текст					
Длина текста переменная							
	0	Текст					
	1	Разграничительный байт					

Рис. 6.1. Формат сообщения ПМ

ности адрес крейта для ПКК. В сообщениях от ДПМ заглавный байт содержит адрес принимающего ПКК. В сообщениях к ДПМ заглавный байт содержит адрес источника сообщения. Длина и содержание сообщения, заключенного между заглавным и разграничительным байтами, определяются типом сообщения и спецификой устройств.

Передача байтов производится в одном из двух режимов:

поразрядно-последовательном с использованием одного сигнала данных и сопровождающего его битового сигнала (каждый байт передается, начиная с первого разряда);

побайтно-последовательном с использованием восьми сигналов данных и сопровождающего их байтового тактового сигнала.

Структура сообщений и протокол обмена информацией одинаковы для обоих режимов и соответствуют рис. 6.2.

Прием и передача байтов устройствами синхронизируются сопровождающими байтовыми тактовыми сигналами, выделяемыми с помощью стартового и стопового битов в поразрядно последовательном режиме передачи.

В течение каждого байтового периода, выделяемого байтовыми тактовыми сигналами, каждое устройство принимает и передает по одному байту информации, содержание которых может при этом различаться.

Системные тактовые сигналы (битовые и байтовые) генерируются обычно ДПМ и ретранслируются каждым ПКК, подсоединенным к ПМ. Частота следования тактовых сигналов одинакова во всей системе и не превышает 5 МГц.

Подсоединяемые к ПМ устройства имеют два соединителя (разъема): входной и выходной, обозначаемые как D-разъемы. Секции линии передачи ПМ между выходным D-разъемом одного устройства и входным разъемом другого устройства образованы кабелем из витых пар проводников с волновым сопротивлением 100 Ом. Каждый из сигналов данных и тактовый сигнал передается отдельной парой проводников.

Допускается включать в ПМ секции, образованные другими линиями связи (телефонными, оптическими и др.). Схемы приема-передачи и их разъемы обозначаются как выходной/входной U-разъемы.

Драйвер ПМ и ПКК подключаются к ПМ посредством входного и выходного D-разъемов. В стандарте установлены требования к драйверу ПМ только относительно характеристик на его входном и выходном разъемах, а также структу-

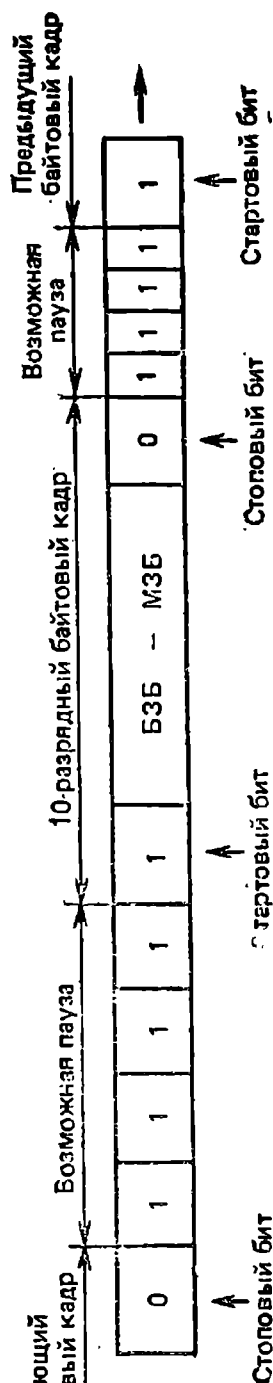


Рис. 6.2. Байтовый кадр для поразрядно-последовательного режима ПМ

ры и последовательности принимаемых и передаваемых им сообщений.

6.4.3. Функциональная организация

1. Сообщения. Обмен информацией по ПМ организуется в виде сообщений следующих типов: командных, ответных, требований обслуживания.

Командные сообщения разделяются на полные и сокращенные. Полное сообщение генерируется ДПМ и адресуется одному из ПКК для организации им операции на МК (табл. 6.12). Сокращенное сообщение (табл. 6.13) выдается в ПМ адресованным ПКК при распознавании им номера своего крейта в заглавном байте проходящего командного сообщения. При выдаче команд чтения и управления байты с 5-го по 8-й полного командного сообщения опускаются.

Таблица 6.12. Командное сообщение ПМ: распределение битов и полей

Байт	БЗБ	Информационное поле						МЗБ
	8	7	6	5	4	3	2	1
Заглавный	b	0	SC32	SC16	SC8	SC4	SC2	SC1
2	b	0	0	0	SA8	SA4	SA2	SA1
3	b	0	1	SF16	SF8	SF4	SF2	SF1
4	b	0	1	SN16	SN8	SN4	SN2	SN1
5	b	0	SW24	SW23	SW22	SW21	SW20	SW19
6	b	0	SW18	SW17	SW16	SW15	SW14	SW13
7	b	0	SW12	SW11	SW10	SW9	SW8	SW7
8	b	0	SW6	SW5	SW4	SW3	SW2	SW1
Контрольный	0	C	C	C	C	C	C	C
Пробелы, если требуется	1	0	1	1	1	1	1	1
	1	0	1	1	1	1	1	1
Конечный	1	1	1	0	0	0	0	0

Примечание. Байты 2...4 — команда (субадрес, функция, номер станции); 5...8 — данные для записи, если требуется (SF16=1, SF8=0); b — биты нечетности байта; C — биты вертикальной четности.

Т а б л и ц а 6.13. Сокращенное командное сообщение НМ

Байт	БЗБ	Информационное поле						МЗБ
	8	7	6	5	4	3	2	1
Заглавный	b	0	SC32	SC16	SC8	SC4	SC2	SC1
Конечный	1	1	1	0	0	0	0	0

Примечание. Заглавный байт — адрес крейта, конечный байт — конец.

Ответное сообщение генерируется адресованным ПКК как результат выполнения им действий, указанных полным командным сообщением, и передается ДПМ. Структура ответного сообщения приведена в табл. 6.14.

Т а б л и ц а 6.14. Ответное сообщение ПМ

Байт	БЗБ	Информационное поле						МЗБ
	8	7	6	5	4	3	2	1
Заглавный	b	0	SC32	SC16	SC8	SC4	SC2	SC1
Состояние	b	M2	M1	1	DERR	SQ	SX	ERR
3	b	0	SR24	SR23	SR22	SR21	SR20	SR19
4	b	0	SR18	SR17	SR16	SR15	SR14	SR13
5	b	0	SR12	SR11	SR10	SR9	SR8	SR7
6	b	0	SR6	SR5	SR4	SR3	SR2	SR1
Конечный контрольный	b	1	C	C	C	C	C	C

Примечание. Байты 3...6 — данные для считывания, которые включаются, если SF16=0 и SF8=0: M1 M2 — биты поля «Идентификация типа сообщения».

Сообщение о требовании обслуживания может генерироваться любым ПКК для указания ДПМ, что на МК присутствует определенный L-сигнал. Структура данного сообщения приведена в табл. 6.15.

2. Поля сообщения. Поле «Адрес крейта» (SC1...SC32) содержит код номера адресуемого крейта в полном командном сообщении и код номера крейта — источника ответного сообщения или сообщения о требовании обслуживания. Каждый ПКК реагирует на любой из 62 приписанных ему номеров от 01₈ до 76₈ и не реагирует на сообщение с номерами 00 и 77.

Длительности командных и ответных сообщений, а также минимальные длительности циклов команда/ответ, соответствующих различным значениям битов SF16 и SF8, приведены в табл. 6.16.

Поле «Идентификация типа сообщения» (ИС) (2 бита: M1

Таблица 6.15. Сообщение о требовании обслуживания ПМ

Байт	БЗБ	Информационное поле						МЗБ
	8	7	6	5	4	3	2	1
Заглавный	b	0	SC32	SC16	SC8	SC4	SC2	SC1
2	b	0	1	SGL5	SGL4	SGL3	SGL2	SGL1
Конечный контрольный	b	1	C	C	C	C	C	C

Примечание. Байт 2 — обработанный запрос.

Таблица 6.16. Длительность цикла обмена команда/ответ ПМ

Операция	Функция		Число байтов		
	Flb	Fb	Команда**	Ответ**	Цикл обмена**
Считывание	0	0	5	7	12*4
Управление	0/1	1/1	5	3	8*4
Запись	1	0	9	3	12*4

* Команда от заглавного байта до контрольного байта включительно.

** Ответ от заглавного байта до контрольного байта включительно.

*** Цикл обмена команда/ответ.

**** Минимальная длительность при условии, что ПКК передает заглавный байт при получении первого байта «Пробел» и конечный контрольный байт при получении конечного байта.

и M2) содержит код типа сообщения и используется ДПМ и ПКК для идентификации типа принимаемого сообщения в соответствии с табл. 6.17.

Поле «Состояние» (4 бита: ERR, SX, SQ, DERR) в ответном сообщении содержит информацию о реакции ПКК на принятую команду и включает следующие биты: бит «Ошибка» (ERR), указывающий на наличие/отсутствие ошибки в принятом командном сообщении; бит «Задержанная ошибка» (DERR), указывающий на наличие/отсутствие ошибки в предыдущем сообщении; бит SX, соответствующий сигналу «Команда принята» (X) от адресованного устройства крейта; бит SQ, соответствующий сигналу «Ответ» (Q) от адресованного устройства крейта.

Таблица 6.17. Содержимое поля «Идентификация типа сообщения» ПМ

Сообщение	Поле	
	M2	M1
Команда	0	0
Ответ	0	1
Запрос	1	—

Поле «Обработанный запрос» (SGL1...SGL5) в сообщении о требовании обслуживания содержит информацию, необходимую для

идентификация L-сигналов «Запрос на внимание» на МК. Код 1111, в поле «Обработанный запрос» используется ПКК только для указания состояния «Необслуженное требование».

3. Форматирующие байты. Совокупность *форматирующих байтов* образуют следующие байты: разграничительные, контрольный, «Пробел».

Совокупность *разграничительных байтов* образуют следующие типы байтов: конечный, конечный контрольный и байт ожидания. Разграничительные байты используются только для указания последнего байта каждого сообщения и для образования последовательности байтов между сообщениями.

Конечный байт генерируется ДПМ в качестве последнего байта полного командного сообщения и ПКК в качестве последнего байта сокращенного командного сообщения. Код конечного байта — 340₈. Все неадресованные ПКК без изменений ретранслируют принимаемые ими конечные байты. Адресованный ПКК должен либо ретранслировать конечный байт принятого полного командного сообщения, либо заменить его конечным контрольным байтом.

Байт ожидания генерируется ДПМ между командными сообщениями и адресованным ПКК (в ответ на принимаемые байты) между сокращенным командным сообщением и заглавным байтом ответного сообщения и, при необходимости, между конечным контрольным байтом ответного сообщения и завершением цикла обмена команда/ответ, обусловленным получением ПКК конечного байта полного командного сообщения. Код байта ожидания — 340₈. Байты, генерируемые ДПМ и ПКК в интервалах между сообщениями, должны быть только байтами ожидания.

Конечный контрольный байт генерируется ДПМ в командном сообщении. Биты 1...6 контрольного байта, образующие поле контроля вертикальной четности, используются для дополнения до четного числа лог. 1 в шести колонках, составленных одноименными битами 1...6 всех байтов сообщения между заглавным и конечным контрольным включительно. Адресованный ПКК перед выполнением предписанной команды использует контрольный байт для проверки отсутствия ошибки в принятом командном сообщении.

Байт «Пробел» является неразграничительным. Последовательность этих байтов генерируется ДПМ между контрольным и конечным байтами командного сообщения для резервирования пространства (пространство ответа), необходимого ПКК для подготовки и генерации ответного сообщения. Адресованный ПКК генерирует ответное сообщение вместо нескольких (или всех) байтов «Пробел». Рекомендуемый код байта «Пробел» — 277₈. ПКК, ожидающий поступления резервирующего пространство ответа байтов «Пробел», должен принять любой неразграничительный байт в качестве замены байта «Пробел» с произвольным кодом и кодом нечетности.

4. Последовательность командных и ответных сообщений. Эта последовательность, возникающая, когда ПКК получает командное сообщение, выполняет КАМАК-операцию чтения, записи или управления и передает ответное сообщение (причем ошибки в передаче и буферизации информации в ПКК отсутствуют), соответствует табл. 6.18 для поразрядно-последовательного и побайтно-последовательного режимов передачи.

Поиск заглавного байта осуществляется ПКК после получения им одного или более разграничительных байтов. В этом состоянии ПКК должен ретранслировать каждый получаемый им байт и, кроме

Таблица 6.18. Последовательность обмена команда/ответ ПМ

Операция	Командное сообщение, принимаемое адресованным ПКК	Ответное сообщение, передаваемое адресованным ПКК
Чтение	(1, Разграничитель), [(0, Заглавный), (0, Субадрес), (0, Функция), (0, Номер станции), (0, Контроль), (0, Пробел), (0, Пробел)...., (0, Пробел), (0, Пробел), (1, Конец)], (? , Байт ожидания или заглавный)	(1, Разграничитель), [(0, Заглавный), (1, Конец), (1, Ожидание)* ¹, (1, Ожидание), (1, Ожидание), (0, Заглавный), (0, Состояние), (0, Данные чтения), (0, Данные чтения), (0, Данные чтения), (1, Конечный контроль)]* ² , (1, Ожидание), (? , Байт ожидания или заглавный)
Запись	(1, Разграничитель), [(0, Заглавный), (0, Субадрес), (0, Функция), (0, Номер станции), (0, Данные записи), (0, Данные записи), (0, Контроль), (0, Пробел), (0, Пробел), (0, Пробел), (1, Конец)], (? , Байт ожидания или заглавный)	(1, Разграничитель), [(0, Заглавный), (1, Конец)]* ³ , (1, Ожидание)...., (1, Ожидание), (1, Ожидание [(0, Заглавный), (0, Состояние), (1, Конечный контроль)]* ² (1, Ожидание* ⁴), (? , Байт ожидания или заглавный)
Управление	(1, Разграничитель), [(0, Заглавный), (0, Субадрес), (0, Функция), (0, Номер станции), (0, Контроль, (0, Пробел* ⁵), (0, Пробел), (0, Пробел), (0, Пробел* ⁴), (1, Конец)]* ¹ , (? , Байт ожидания или заглавный)	(1, Разграничитель), [(0, Заглавный), (1, Ожидание), (1, Ожидание), (1, Ожидание), (1, Ожидание), (1, Ожидание* ⁴), (0, Заглавный), (0, Состояние), (1, Конечный контроль)]* ² , (1, Ожидание), (? , Байт ожидания или заглавный)

*¹ Командное сообщение.

*² Ответное сообщение.

*³ Сокращенное командное сообщение.

*⁴ Байты необходимые для размещения добавочных байтов «Пробел» (минимальное число — 0).

*⁵ Байты необходимые для выполнения команды (минимальное число — 0).

того, проверять содержимое каждого байта с целью совершения определенных действий.

При приеме команды адресованный ПКК передает сокращенное командное сообщение с последующей за ним паузой, заполненной байтами ожидания и необходимой для подготовки им ответного сообщения. Если ПКК не передает сокращенное командное сообщение, то он должен передать, по крайней мере, один разграничительный байт (в ответ на полученный байт) непосредственно перед передачей им заглавного байта ответного сообщения.

Адресованный ПКК использует состояние битов SF16 и SF8 в поле «Функция» командного сообщения для определения ожидания контрольного байта как пятого байта (если SF16=0 и SF=1) или как девятого байта (SF16=1, SF8=0) принимаемого сообщения.

Адресованный ПКК проверяет вертикальную четность байтов полученного командного сообщения от его заглавного до контрольного байта включительно, а также нечетность каждого байта командного сообщения по отдельности.

Команда выполняется адресованным ПКК при следующих условиях: а) вертикальная четность и нечетность по каждому байту выполняются; б) содержимое поля ИС равно 00 (если такая проверка проводится); в) ПКК находится в режиме работы «На линии с магистралью крейта» (системный режим) или же команда адресуется к внутренним функциональным узлам самого ПКК, если он находится в режиме «Вне линии с МК» (автономный режим); 2) ПКК не находится в режиме «Обход» или, если он находится в режиме «Обход», данная команда является командой, сбрасывающей этот режим. При невыполнении перечисленных условий адресованный ПКК не должен исполнять команду.

Посылка ответного сообщения производится адресованным ПКК при условии, что данный ПКК находится в состоянии синхронизации сообщения (байта). Формат ответного сообщения определяется кодом функции принятого командного сообщения, а содержание — результатами выполнения требуемой операции. Передача ответного сообщения не должна начинаться до тех пор, пока не будут установлены ответные сигналы Q и X (и данные чтения при необходимости).

При посылке ответного сообщения адресованный ПКК на каждый принятый им байт должен передать байт ответного сообщения. После получения контрольного байта и перед посылкой заглавного байта ответного сообщения ПКК должен принимать любые поступающие к нему неразграничительные байты и передавать байты ожидания. При передаче каждого байта ответного сообщения, исключая конечный контрольный байт, ПКК должен принимать любые поступающие к нему неразграничительные байты. При передаче конечного контрольного байта ПКК должен принять любой поступивший байт, включая разграничительный.

Длительность интервала, заполненного байтами «Пробел» (верхняя оценка необходимого числа байтов S), определяется формулой

$$S = N_{\text{оп}} + N_{\text{отв}} + 1,$$

где $N_{\text{оп}}$, $N_{\text{отв}}$ — числа полученных байтов «Пробел», выделяющих интервалы времени, необходимые для выполнения команды и передачи ответного сообщения соответственно, причем $N_{\text{оп}}$ — наименьшее целое число, большее, чем $T_{\text{оп}}/T_c$ ($T_{\text{оп}}$ — время максимального цикла МК для данного ПКК и T_c — минимальный байтовый период конкретной системы на базе ПМ).

Для команд записи и управления число *Но́т* равно 2 байтам, а для команд чтения — 6 байтам.

5. Генерирование сообщения о требовании обслуживания. Допускается, что любой ПКК может генерировать сообщения о требовании обслуживания (как правило, в ответ на L-сигнал на МК). Сообщение вставляется в поток принимаемых ПКК байтов между двумя произвольными сообщениями. Генерирование сообщений управляется значением разрядов регистра состояния ПКК и значением битов-разграничителей принимаемых ПКК байтов: при лог. 1 или лог. 0 соответственно разрешается или запрещается такая генерация.

Для исключения потерь информации в определенных ситуациях ПКК должен иметь буферную память, что дает возможность сохранить поступающие байты, пока идет передача сообщения о требовании обслуживания.

Управление запуском сообщения о требовании обслуживания производится ПКК при выполнении следующих условий: а) генерация сообщения о требовании разрешена; б) имеется запрос на обслуживание, который либо появился после передачи данным ПКК последнего сообщения о требовании, либо уже существовал, когда ПКК перешел в состояние разрешения генерации требования; в) при генерировании сообщения о требовании обслуживания данный ПКК способен принять три приходящих к нему байта; г) предшествующий сообщению о требовании байт, переданный на выходной разъем ПКК, был разграничительным.

Буфер задержки в 3 байта принимает поступающие в ПКК байты, когда ПКК начинает генерировать 3-байтовое сообщение о требовании обслуживания. После этого ПКК продолжает проводить через буфер задержки поступающий поток байтов до тех пор, пока не окажется возможным удалить 3 байта ожидания из байтового потока. После удаления буфер задержки отключается от линии прохождения потока байтов. После генерации сообщения о требовании обслуживания ПКК не может начинать генерацию другого аналогичного сообщения до тех пор, пока не получит соответствующее число байтов ожидания, которое позволит ему отключить буфер задержки.

6. Идентификация сообщений. Идентификация типа сообщения и выделения различных форм выходных и входных сообщений осуществляется ДПМ и ПКК в результате анализа поля ИС, поля «Функция», длины сообщения.

При нормальных условиях *полные командные сообщения* (минимальная длина 8 байт, ИС-00) получают только ПКК. Как правило, адекватная идентификация полного командного сообщения выполняется ПКК путем сравнения адреса крейта данного сообщения с присвоенным данному ПКК номером. В ДПМ полное командное сообщение может быть отделено от сокращенного командного сообщения по его длине, а от всех других сообщений — по его полю ИС.

Сокращенное командное сообщение (2 байта, поле ИС отсутствует) в ДПМ может быть идентифицировано только по его длине. Ответное сообщение (3 или 7 байт, ИС-01) в ДПМ без данных чтения может быть отделено от сообщения о требовании обслуживания только в результате анализа поля ИС. Сообщение о требовании обслуживания (3 байта, ИС-01) в ДПМ может быть выделено по анализу поля ИС. ПКК не может получать адресованные ему следующие сообщения: сокращенные командные, ответные и о требовании обслуживания.

Контроль и индикация ошибок передачи осуществляются на основе геометрического кода обнаружения ошибок (ГКОО). ДПМ должен генерировать правильный ГКОО во всех командных сообщениях, посылаемых ПКК, а каждый ПКК должен проверять ГКОО во всех адресованных ему командных сообщениях, а также генерировать правильный ГКОО во всех ответных сообщениях и сообщениях о требовании обслуживания, которые он передает. ДПМ проверяет ГКОО во всех ответных сообщениях и сообщениях о требовании обслуживания, получаемых от ПКК.

Индикация ошибок в ответных сообщениях осуществляется ПКК установкой лог. 1 в битах «Ошибка», SX в поле «Состояние» при обнаружении соответствующих ошибок.

6.4.4. Физическая реализация

Все ДПМ и ПКК должны иметь входной и выходной D-разъемы, через которые осуществляется передача в поразрядно- и побайтно-последовательном режимах. Выбор требуемого режима осуществляется переключателем внутри ПКК, который не должен выводиться на переднюю панель. На последнем не требуется также индикация режима передачи.

Драйверу ПМ и ПКК допускается дополнительно иметь U-разъем. Через D-разъем передаются сигналы данных и тактирующие сигналы, а также управляющие выходные сигналы для внешних устройств обхода ПКК и отключения секций ПМ.

Входной и выходной D-разъемы имеют по 25 контактов, распределение которых приведено в табл. 6.19. Контакты 2 и 3, 20 и 21

Таблица 6.19. Распределение контактов D-разъема ПМ

Контакт	Входной/выходной D-разъем
1	Общий (земля)
2, 3	Шина 1 (свободное использование)
4, 5	Бит-последовательные данные или наименьший значащий бит байт-последовательных данных входа/выхода
6...17	Биты 2...7 байт-последовательных данных входа/выхода
18, 19	Наибольший значащий бит байт-последовательных данных входа/выхода
20, 21	Шина 2 (свободное использование)
22, 23	Битовые (байтовые) тактовые сигналы входа/выхода
24, 25	Управление устройством обхода резервируется для сигнала управления/управления устройством отключения

Примечание. Каждая балансная входная или выходная линия занимает одну пару контактов. Контакты с четным номером передают «Сигнал», а с нечетным — «Сигнал».

входного и выходного разъемов соединяются непосредственно и предназначены для свободного использования. Семь пар контактов 6, 7, ..., 18, 19 используются только в побайтно-последовательном режиме для передачи битов 2...8 байта.

Передача сигналов данных и тактовых сигналов осуществляется

по двухпроводной сбалансированной линии, согласованной, по крайней мере, на приемном конце.

Для передачи сигналов данных и тактовых сигналов используются балансные передатчики. Для приема сигналов данных и тактовых сигналов используются дифференциальные приемники с согласующим сопротивлением на входе, равным волновому сопротивлению кабеля.

Сигналы управления имеют один контакт D-разъема и один общий обратный провод, подсоединяемый к контакту «Земля» разъема.

Частота системных тактовых сигналов любой системы на базе ПМ в каждый момент времени не должна превышать 5 МГц. Каждый ДПМ и ПКК должен обеспечивать прием и передачу информации через свой D-разъем при любой тактовой частоте, не превышающей 5 МГц.

Поток байтов, выходящий с выходного разъема ДПМ, синхронизируется системными тактовыми сигналами. ПКК, получая один байт, должен передавать один и только один байт. Байты не должны распространяться по ПМ в отсутствие системных тактовых сигналов.

Для реализации соотношений при ретрансляции полученных данных ПКК в тракте между входным и выходным разъемами необходимо иметь буферное запоминающее устройство, которое обуславливает задержку в прохождении данных на время до одного тактового периода.

В побайтно-последовательном режиме 8 бит байта сообщения передаются параллельно, каждый через отдельную пару контактов D-разъемов в течение каждого системного тактового периода. ДПМ разрешается генерировать системные тактовые сигналы, номинальный период следования которых может передаваться байтовыми паузами произвольной длительности. При этом тактовый сигнал поддерживается в состоянии лог. 1, а полный тактовый период удлиняется. ДПМ и ПКК должны принимать системные тактовые сигналы с различными байтовыми периодами.

В поризрядно-последовательном режиме 8 бит байта сообщения передаются последовательно через одну пару контактов D-разъемов. Сообщению предшествует стартовый бит, а завершает его стоповый разграничительный байт. Для повышения вероятности восстановления синхронизации сообщений рекомендуется, чтобы ПКК предварительно обнаруживал более одного разграничительного байта.

Синхронизация байтов обеспечивается проверкой начала 10-битового байтового кадра и 10-го бита каждого принимаемого байтового кадра. При лог. 0 10-го бита ПКК должен перейти в состояние «Потеря синхронизации байтов». Восстановление состояния синхронизации байтов осуществляется ПКК при помощи поиска байта ожидания одним из двух способов.

При потере синхронизации байтов ПКК отключает буфер задержки, а при потере сообщений — не должен ни включать, ни отключать буфер задержки.

Средства ручного управления содержат:

переключатель «Адрес крейта», с помощью которого устанавливается любой из адресов в диапазоне (01...76), предпочтительно без извлечения ПКК из крейта;

двухпозиционный переключатель режимов работы «Автономный/Системный» с указанием в каждой позиции соответствующего режима работы ПКК;

две кнопки (или аналогичные им устройства) для инициирования на МК безадресных операций (по сигналам «Пуск» или «Сброс»).

Средства индикации предусматривают индикаторы: адреса крейта, выражаемого с помощью переключателя; системного режима работы ПКК; состояния сигнала «Запрет» (I) МК; состояний «Потеря синхронизации сообщений» или «Потеря синхронизации байтов»; состояния «Крейт адресован»; состояния сигнала «Инципирование сообщения о требовании обслуживания»; состояния, указывающие на то, что ПКК находится в режиме «Обход».

Входной и выходной разъемы устанавливаются вертикально (контакт 1 внизу) и обозначаются $D_{вх}$ и $D_{вых}$ соответственно.

6.4.5. Унифицированный контроллер крейта

Унифицированный контроллер типа L2 (ПКК-L2) соответствует требованиям ГОСТ 26.201—80, ГОСТ 26.201.2—84, а также не имеет дополнительных особенностей в аппаратных средствах и в программном обеспечении, оказывающих влияние на его взаимозаменяемость с любыми другими унифицированными контроллерами. ПКК-L2 выполняется в виде сменного блока. Рекомендуемая ширина блока — не более 2 М.

Подсоединение к дополнительным контактам P1 и P2 линий МК и дополнительным контактам P3...P7 не допускается. ПКК-L2 не должен иметь других соединителей для подключения к ПМ в дополнение к двум регламентированным D-разъемам.

Структура сообщений для ПКК-L2 аналогична вышеизложенной для ПМ, включая командные и ответные сообщения и сообщения о требовании обслуживания. ПКК-L2 должен игнорировать содержимое поля ИС принимаемого им командного сообщения. При передаче ответного сообщения адресованный ПКК-L2 должен передать в ПМ сокращенное командное сообщение, состоящее из заглавного байта и следующего за ним конечного байта.

6.4.6. Средства обнаружения и устранения ошибок

Отказы в линии передачи информации обеспечиваются: подключением устройств обхода в случае отказа в ПКК; отключением секций ПМ в случае отказа в ПМ. Используя дублирование (резервирование) секций ПМ, можно восстанавливать целиком всю ПМ при отказе одной из секций путем включения дублирующей ее секции. С помощью управляющего сигнала, подводимого к зарезервированному контакту 25 входного D-разъема, могут быть реализованы и более сложные способы переключения секций ПМ.

Потеря синхронизации происходит из-за ошибок в тактовых сигналах или сигналах данных. ПКК или драйвер ПМ распознают потерю синхронизации сообщений, если получают разграничительные байты не в установленной последовательности. Синхронизация сообщений восстанавливается определенными способами.

Ошибки передачи выявляются в основном посредством геометрического кода, а также анализом форматов принимаемых сообщений. При формировании геометрического кода блок данных представляется в виде матрицы размером в m строк и n столбцов. Каждая строка снабжается одним добавочным битом, значение которого сохраняет нечетность строки, а каждый столбец — одним добавочным битом, сохраняющим четность столбца, в результате чего образуется расширенный блок размером в $m+1$ строк и $n+1$ столбцов.

Геометрический код обнаруживает: местонахождение одной, двух или трех ошибок в расширенном блоке; любое нечетное число оши-

блок независимо от их распределения внутри данного блока; все последовательности ошибок с длиной последовательности до $n+2$ бит; большую часть ошибок, не попадающих под это описание.

Обнаружение ошибок по контексту обеспечивается установленной структурой сообщений. Обнаружение ошибок модулями в особых ситуациях обеспечивается добавочными средствами защиты от ошибок.

6.5. ИНТЕРФЕЙС МНОГОКОНТРОЛЛЕРНОГО КРЕЙТА

6.5.1. Общие сведения

Интерфейс многоконтроллерного крейта (ГОСТ 27079—86) предназначен для построения однокрейтовых систем распределенного управления на базе технических средств КАМАК. Интерфейс обеспечивает согласование операций основного контроллера крейта (ОКК) с операциями одного или нескольких ДКК, каждый из которых размещен в одной или более нормальных станциях.

Любой ДКК имеет средства доступа к линиям N и L для управления операциями МК, а также возможности участия в арбитраже захвата управления МК. Доступ к N и L обеспечивается через МДКК, ОКК и управляющую станцию, для чего каждый КК имеет на задней панели соединитель для подключения МДКК.

6.5.2. Логическая организация

Интерфейс МДКК содержит следующие шины (табл. 6.20): номера станций EN(5), заявок AL(24), «Запрос» RQ(1), «Запрет запроса» RI(1), «Отключение ДКК» ACI(1), «Условно свободен» (1), «Обратный провод питания» (0V). С МДКК связаны также гнезда, выведенные на передние панели каждого КК и предназначенные для организации цепи последовательного прохождения сигнала «Разрешение» (G) через все КК.

Сигнал «Запрос» используется для захвата управления МК по способу R/G путем его установки в лог. 1. При приеме сигнала «Запрет запроса» (лог. 1) или сигнала «Отключение ДКК» КК снимает сигнал «Запрос» в течение 50 нс.

Сигнал «Разрешение» формируется КК, который участвует в арбитраже по способу R/G и должен: устанавливать сигнал G=1 в лог. 0, если GI=1; транслировать со входа на выход сигнал GI=1 при условии, что до момента его поступления не осуществил запрос; поддерживать G=0, если он принял GI=1 и до момента его поступления осуществил запрос.

Сигнал «Запрет запроса» используется КК для захвата управления МК и удерживается им не менее 350 нс (при отсутствии сигнала «Отключение ДКК»). КК, захвативший управление МК, может: удерживать сигнал «Запрет запроса» между операциями команды с целью выполнения некоторого набора операций за минимальное время; освобождать МК после каждой операции команды, осуществляя перевод сигнала из лог. 1 в лог. 0, чтобы дать возможность другим КК захватить управление.

Сигнал «Отключение ДКК» в общем случае генерируется только перед началом проводимой операции и поддерживается до завершения этой операции. КК, генерирующий этот сигнал, не должен начн-

Т а б л и ц а 6.20. Сигналы и шины МДКК

Наименование	Обозначение	Назначение	Размещение
Запрос	RQ	Указывает на наличие запроса от КК	ПП, МДКК
Разрешение-вход	GI	Указывает, что запрос удовлетворяется	ПП
Разрешение-выход	GO	Указывает, что входной сигнал GI установлен, но он не запрашивал управления	ПП
Запрет запроса	RI	Указывает, что КК получил управление по способу R/G	МДКК
Отключение ДКК	ACL	Указывает, что другие КК должны отключаться	МДКК
Код номера станции	EN1, EN2 EN4, EN8, EN16	Указывает номер станции в двоичном коде	МДКК
Заявка	AL1...AL24	Переданные через ОКК сигналы заявок AL (24)	МДКК
Условно свободен	—	Для передачи сигнала байт-такта от ПКК-2	МДКК
—	OV	Обратный провод питания	МДКК

П р и м е ч а н и е. ПП — передняя панель.

нать операцию на МК, если: не прошло минимум 200 нс после установки сигнала; не сброшен сигнал «Запрет запроса» МДКК.

Код номера станции (двоичный) генерируется ДКК, получившим управление крейтом, на шинах EN МДКК. ОКК осуществляет дешифрацию кодов номера станции непрерывно, за исключением промежутка времени, когда он управляет крейтом. Каждый номер станции (N(1)...N(24) передается на соответствующую шину МК не позднее, чем через 100 нс.

Сигналы «Заявка» передаются ОКК от управляющей станции МК на контакты AL1...AL24 соединителя МДКК.

Шина «Условно свободен» зарезервирована для передачи сигнала байт-такта в системах с ПМ.

6.5.3. Функциональная организация

В минимальной конфигурации ОКК должен: осуществлять дешифрацию EN в 24 индивидуальных сигналах N; подавать все 24 сигнала L на 24 шины AL МДКК; иметь соединитель с МДКК в источнике смещения для МК и для шин МДКК.

Арбитраж захвата управления МК осуществляется так, чтобы в любой момент времени МК управлялась только одним КК.

Арбитраж может осуществляться способом «Запрос/Разрешение» (R/G) либо способом «Отключение ДКК» (ACL). Способ R/G

более предпочтителен, использует сигналы «Запрос», «Разрешение» и «Запрет запроса».

При способе R/G сигнал «Запрос» передается по сквозной шине МДКК на входы всех КК и выводится на их передние панели. На КК с наивысшим приоритетом гнездо «Запрос» должно быть соединено с гнездом GI, гнездо GO — с гнездом GI следующего по приоритету КК и т. д., пока не образуется последовательная цепь до гнезда GI низшего по приоритету КК.

Для захвата управления МК КК выдает сигнал «Запрос» и ожидает прихода сигнала «Разрешение». Остальные КК, не выдавшие «Запрос», должны пропускать сигнал GI на GO. КК, выдавший сигнал «Запрос», не должен пропускать сигнал «Разрешение». КК, выдавший сигнал «Запрос» и принявший сигнал «Разрешение», выдает сигнал «Запрет запроса» (RI), снимает сигнал «Запрос» и начинает предусмотренную операцию (или последовательность операций) МК. В ответ на сигнал RI остальные КК должны снять сигнал «Запрос», вызывая таким образом сброс сигнала «Разрешение».

После окончания предусмотренных операций МК КК снимает сигнал RI для того, чтобы дать возможность другим КК захватить управление МК.

Способ ACL рекомендуется применять в том случае, если один из КК не может ожидать предоставления ему управления МК по способу R/G (например, ПКК-L2). Способ осуществляется с использованием сигнала «Отключение ДКК», который выдается только одним определенным КК и передается по МДКК на входы всех КК. Все КК, на входы которых подается этот сигнал, не должны выдавать сигнал «Запрос». КК, управляющий МК в момент получения сигнала «Отключение ДКК» должен прервать или «Завершить» текущую операцию МК, прежде чем КК, выдавший этот сигнал, начнет свою операцию.

После окончания предусмотренных операций МК (или последовательности операций) КК, выдавший сигнал «Отключение ДКК», снимает этот сигнал для того, чтобы дать возможность другим КК захватить управление МК по способу R/G. КК, предусматривающий выполнение неадресованных операций сброса и пуска, перед выполнением операций осуществляет захват управления МК, несмотря на то, что эти операции не требуют применения EN. Сигналы «Сброс» и «Пуск», выдаваемые одним КК, не должны нарушать работу других КК.

Генерация сигнала МК «Запрет» может осуществляться всеми КК или модулями без ограничений в любое время. КК, способные установить сигнал «Запрет» в отличие от требований ГОСТ 27080—86 к модулям КАМАК не должны отвечать на совпадение сигналов Z и S2 установлением и поддержанием сигнала «Запрет» на МК.

Для управления многоконтроллерным крейтом через МВ предназначен КК-A2, а через ПМ—КК-L2. Для КК-L2 соединитель сортировщика заявок SGL используется следующим образом: к контакту 17 СЗ-соединителя подсоединяется шина RI и источник тока смещения (если это не сделано).

6.5.4. Физическая реализация

Сигналы с выходов КК поступают на все шины МДКК через внутренние схемы ИЛИ. Время нарастания и спада выходных сигналов на шинах МДКК не менее 10 нс.

Значения токов смещения I_0 для всех сигналов МДКК находятся в диапазоне от 6 до 9,6 мА при напряжении сигнала 0,5 В. Источники токов смещения R и GO располагаются в ОКК, а GI — на входе GI.

Рекомендуется подключать к МДКК не более восьми ДКК. При подключении СЗ число ДКК (принимающих сигналы AL) ограничивается еще жестче. Допустимое число ДКК, обусловленное требованием к R, Q, X МК, равно 12. При наличии в крейте модулей, принимающих сигналы Q, X с МК, число ДКК уменьшается соответственно нагрузке.

С целью предотвращения захвата управления крейтом более чем одним КК вследствие помех рекомендуется входы сигналов GI, RI защищать средствами, соответствующими специфике построения каждого КК. Обычно достаточны интегрирующие цепочки с постоянной времени 50 нс.

Каждый КК для соединения с МДКК должен иметь 40-контактный соединитель с двухрядным расположением контактов. Расстояние между контактами — 2,54 мм, размер контакта — 0,635 мм. Соединитель размещается на задней панели КК над соединителем МК. Контакт 1 является правым нижним (со стороны штырей), и его местоположение отмечается на задней панели. Шины МДКК подсоединяются к контактам соединителя в соответствии с табл. 6.21.

Таблица 6.21. Соответствие шин МДКК контактам соединителя

Контакт	Шина МДКК
1, 7, 9, 11, 13, 15	0V
2, 3, 4, 5, 6	EN1, EN2, EN4, EN8, EN16
8	ACL
10	Условно свободен
16...39	AL1...AL24
40	0V

Контроллер крейта, предназначенный для арбитража по способу R/G, должен иметь на передней панели три гнезда для подключения коаксиальных кабелей: REQUEST («Запрос»), GRANT-IN («Разрешение-вход»), GRANT-OUT («Разрешение-выход»).

Контроллер крейта КК-А2 имеет обязательные средства для обеспечения внутритиповой взаимозаменяемости. КК-А2 полностью заменяет КК-А1 и имеет один и тот же протокол связи с МВ. Допускается отличие только по длительности цикла, которая у КК-А2 больше, чем у КК-А1, из-за процесса арбитража.

Все входы сигналов МВ в КК-А2 должны потреблять ток не более 0,3 мА. КК-А2 не должен иметь ширину более 3 М, предпочтительная ширина — 2 М. КК-А2 должен иметь на задней панели СЗ-соединитель и соединитель МДКК.

На передней панели КК-А2 имеются: два соединителя для ввода и вывода сигналов МВ; средства индикации адреса крейта (от 1 до 7), при этом допускается ограниченный доступ к средствам изменения адреса; средства перевода в автономный режим; гнездо для сигнала «Запрет»; две кнопки для подачи сигналов С и Z при работе в автономном режиме; три гнезда для сигналов R, GI, GO; средства

для индикации применяемого способа арбитража (R/G или ACL), при этом допускается ограниченный доступ к средствам переключения с одного способа на другой.

Контроллер крейта КК-А2 должен получать управление крейтом в соответствии с изложенными выше требованиями, а также захватывать управление крейтом по способу R/G или ACL (в зависимости от установленного способа). КК-А2, применяющий способ R/G, должен реагировать на сигнал «Отключение ДКК».

Сигнал «Запрос ветви» и сигналы сортировщика запросов, их выработка и выдача соответствуют требованиям ГОСТ 26.201.1—84.

Шины L СЗ-соединителя должны быть развязаны от шин L МК и не должны иметь источников смещения, что позволяет в простых СЗ формировать комбинации ИЛИ непосредственными проводочными соединениями сигналов L без влияния на шины AL МДКК.

Запуск любой операции КК-А2 определяется сигналами MB (BCR_i, BG, BZ, BTA) и сигналами, связанными с МДКК (RQ, GI, RI, ACL).

Глава 7

Интерфейсы магистрально-модульных мультипроцессорных систем

7.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

7.1.1. Основные сведения

Современные и перспективные магистрально-модульные мультипроцессорные системы (ММС) и ВС с СОД базируются на интерфейсах, которые по архитектуре и функциональным возможностям значительно отличаются от системных интерфейсов ЭВМ типа «Общая шина» (первое поколение) и поэтому часто называются *интерфейсами второго поколения* или *интерфейсными системами*.

Интерфейс в системах рассматривается как способ организации средств передачи информации между отдельными подсистемами, регламентирующий дисциплину работы и эффективность функционирования системы в целом.

Интерфейсы, как правило, содержат несколько магистралей, часть которых обеспечивает высокое быстродействие при взаимодействии модулей внутри блоков, а другая часть — обмен информацией между блоками. При этом *основная магистраль* ориентирована на объединение внутри блока в единый комплекс нескольких модулей процессоров, модулей оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), контроллеров внешнего запоминающего устройства (ВЗУ) и др.

7.1.2. Основные понятия

Адресация расширенная — адресация, расширяющая внутреннюю область адресации модулей. *Магистраль локальная параллельная* — магистраль, используемая для расширения функциональных возможностей одноплатной микросхемы, выходящей на системную магистраль.

раль. *Магистраль локального ввода-вывода* — магистраль, используемая для подключения к компонентам ММС дополнительных контроллеров периферийного устройства (ПУ). *Магистраль межсегментная последовательная* — магистраль, обеспечивающая последовательную межпроцессорную передачу сообщений. *Магистраль многоканального ввода-вывода* — магистраль, используемая для подключения к компонентам системы контроллеров системных ВЗУ. *Сегмент* — структурная часть системы, содержащая отдельную магистраль. *Сегментатор* (соединитель) — устройство, обеспечивающее связь между сегментами одного или разного типа. *Сегмент кабельный* — кабель с соответствующими отводами для подключения отдельных компонентов сегмента. *Сегмент каркасный* — каркас, содержащий одну часть системной магистрали. *Супервизор* — модуль, управляющий ходом операций на системной магистрали.

7.1.3. Структура ММС

Общая архитектура ММС на базе интерфейсной системы содержит (рис. 7.1) несколько сегментов, каждый из которых включает одну или несколько машин, имеющих в своем составе одноплатную

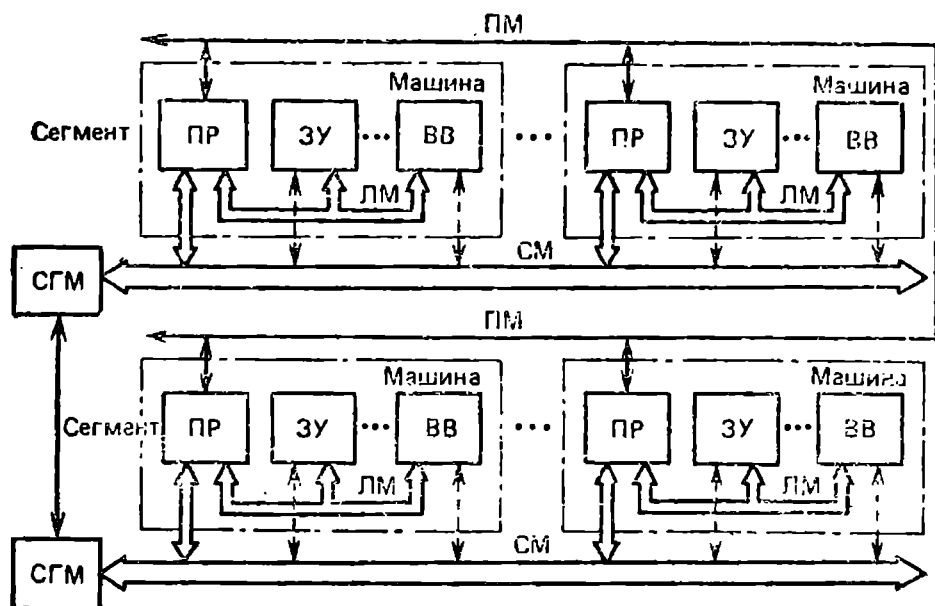


Рис. 7.1. Общая архитектура ММС:

Пр — процессор; ЗУ — запоминающее устройство; ВВ — ввод-вывод

микроЭВМ и платы, расширяющие ее возможности и подсоединяемые посредством локальной магистрали (ЛМ). Несколько машин, входящих в состав одного сегмента, связываются между собой по системной магистрали (СМ), выполненной в виде объединительной печатной платы. Отдельные сегменты соединяются друг с другом последовательной магистралью (ПМ) или через сегментатор (СГМ).

Система состоит из набора модулей, каждый из которых, как правило, является абонентом СМ, а некоторые могут выходить на ПМ. Модули памяти могут быть абонентами ЛМ или СМ. Двухпортовые модули памяти являются абонентами и ЛМ, и СМ.

Каждый сегмент имеет некоторые общесистемные средства (генератор тактовых синхронимпульсов, аппаратуру арбитража и прерывания, диагностические средства и т. п.), которые могут находиться в отдельных модулях либо рассредотачиваться по различным модулям.

Основной магистралью ММС, реализующей мультипроцессорную работу и объединяющей большинство модулей сегмента, является СМ. Самой быстродействующей магистралью, используемой обычно для расширения памяти процессоров, является ЛМ. Как правило, ЛМ имеет уменьшенное адресное пространство, меньшую нагрузочную способность по сравнению с СМ и может обслуживать один или два задатчика. Работа этих магистралей основывается на принципе «задатчик-исполнитель». Несколько задатчиков используют магистрали с разделением времени в соответствии с заданным алгоритмом арбитража.

В табл. 7.1 приведен состав магистралей новых зарубежных интерфейсов ММС, наиболее существенных для отечественных ММС аналогичного назначения.

Т а б л и ц а 7.1. Состав магистралей интерфейсов ММС

Тип магистрали	МВ I	МВ II	VAXBI	VME	Futuribus	Fastbus
Параллельная системная	SB	PSB	VAXBI	VME	P	P
Параллельная локальная	LBX	LBXII	—	VMX	—	—
Последовательная межсегментная	Bit-bus	SSB	—	VMS	CSMVC	S
Многоканальный ВВ	MCN	MCN	—	—	—	—
Локального ВВ	SBX	SBX	—	—	—	—

Обозначения: МВ — Multibus; MCN — Multichannel.

Первые четыре интерфейса рассмотрены далее в § 7.2—7.5. В составе Futuribus (P-896) регламентируются две магистрали: параллельная (P) и последовательная (S). Магистраль ввода-вывода (ВВ) и ЛМ считаются входящими в систему пользователя и ограничения на них не накладываются.

В составе Fastbus (Фастбас) имеются СМ и кабельная магистраль, образующие сегмент. В системе предусматривается использование главной ЭВМ, которая через интерфейс процессора связывается с интерфейсами сегмента, соединяющими сегменты между собой с помощью кабеля. На каждом сегменте может быть несколько задатчиков или исполнителей.

Главным ограничением при построении ВС и СОД любой конфигурации является максимально допустимая протяженность магистрали при заданной пропускной способности. Максимальная длина СМ обычно равна 50 см (число объединяемых модулей до 20), длина ЛМ—8...12 см (число объединяемых модулей до 6), длина ПМ (кабельная линия с последовательной передачей данных)—до 10 м.

7.1.4. Особенности интерфейсов ММС

Интерфейсы ММС и СОД характеризуются рядом особенностей, отличающих их от интерфейсов ЭВМ и СОД первого поколения:

локализация потоков информации, обусловленная главным образом специализацией отдельных машин или процессоров на отдельные виды работы (в этих условиях они информационно слабо связаны друг с другом, что позволяет эффективно локализовать потоки информации и соответственно оптимизировать пропускные способности отдельных шин);

уменьшение избыточности потока адресной информации за счет оптимизации местных шин для передачи команд и использования немultipлексированных шин адреса и данных, а также системных шин в качестве коммуникационных путей с преимущественно пакетным способом передачи по multipлексированным шинам адреса и данных;

независимость магистрали от типа используемых микропроцессоров (МП) и процессоров, позволяющая наращивать производительность систем путем добавления в последующем модулей из новых поколений МП;

способы адресации и адресные пространства (географический и логический способы, несколько адресных пространств и два вида доступа — индивидуальный и широковещательный);

механизм передачи межпроцессорных сообщений, обеспечивающий быстросействующую аппаратную передачу блоков информации из одного процессора в другой.

7.1.5. Принципы управления магистралями

Для реализации основных управляющих функций в современных интерфейсах, как правило, используется децентрализованное управление, хотя в некоторых из рассматриваемых магистралей содержатся отдельные элементы централизованного управления (арбитраж, управление инициализацией и прерываниями). В И-41 и МВІ, например, все функции управления распределены между модулями и на магистрали отсутствует специальный централизованный модуль управления. В МВІІ функции арбитража и управления прерываниями распределены между модулями, а функции инициализации и специализированного управления выполняются центральным обслуживающим модулем. В VME функции арбитража и управления прерыванием выполняет системный контроллер.

Наиболее общими характеристиками рассматриваемых интерфейсов ММС являются: принципы управления (синхронный или асинхронный протокол, централизованное или децентрализованное управление); режимы передачи данных (одиночный, блочный, широковещательный); типы адресации (логическая, географическая, групповая, расширения, псевдоадресация); степень и возможности multipроцессорности (одно-, двухпроцессорные, multipроцессорные и существенно multipроцессорные системы); механизм передачи межпроцессорных сообщений; разрядность и multipлексирование адреса и данных (раздельные и совмещенные шины адреса и данных); наличие аппаратного контроля на магистрали; конструктивные особенности (возможности использования печатных плат нескольких размеров, размеры плат и каркасов, конструкции объединительной платы или кабеля и т. д.); степень проработки параметров системы, обеспечивающих более высокие по сравнению с ЭВМ эксплуатацион-

ные характеристики, простоту воспроизведения и совместимость изделий различных изготовителей; степень анонсирования отдельных элементов промышленностью (несущих конструкций, соединителей, готовых модулей, а также специальных интерфейсных БИС).

При работе магистралей используются два основных типа протокола: синхронный и асинхронный. При синхронном протоколе (СП) все сигналы устанавливаются и проверяются относительно тактового синхроимпульса, а при асинхронном протоколе (АП) — в произвольное время. В большинстве современных интерфейсов применяется АП, и только в некоторых — СП. Последний обладает большей помехозащищенностью, так как проверка управляющих сигналов производится на фронте синхроимпульса, т. е. во «временном окне», которое обычно составляет около 8 % общего времени работы. В остальное время возможные помехи не оказывают влияния, тогда как при АП модули могут сработать от помехи почти в произвольный момент времени. Кроме того, СП увеличивает надежность в связи с отсутствием на магистрале метапроцессов (в АП должна быть предусмотрена защита от метастабильных состояний, особенно при высокой частоте работы на магистрале); более прост в реализации, отладке и тестировании (может быть использован логический анализатор). Однако СП менее гибок по сравнению с АП при использовании на магистрале модулей с различными скоростями работы. Недостатком СП является также наличие централизованного генератора тактовых синхросигналов.

Реализация блочного и широкопередаточного режимов передачи данных повышает быстродействие и расширяет функциональные возможности магистралей.

Мультиплексирование шин адреса и данных позволяет существенно уменьшить число драйверов магистралей, сократить число контактов соединителей модулей и линий на объединительной плате. Использование разделенных шин адреса и данных обеспечивает высокую пропускную способность магистралей, особенно в режиме перекрытия, когда во время текущего цикла передачи данных устанавливается адрес следующего цикла передачи.

Введение сигналов четности адреса и данных повышает надежность работы информационного канала магистралей, но увеличивает затраты оборудования на формирование и проверку четности в модулях. Передача сигналов управления в виде информационного кода с применением СП позволяет контролировать по четности и управляющие сигналы.

Использование географической адресации (наряду с логической) дает возможность программно настраивать режимы и диапазоны адресов модулей, изменять конфигурацию системы и реконфигурировать ее при отказах.

Для реализации мультипроцессорной работы наряду с механизмом прерывания с последующим опросом источника прерывания или общей памяти в современных интерфейсах широко используется механизм передачи сообщений. Этот механизм позволяет передавать информацию из локальной памяти одного процессора в локальную память другого аппаратно с высокой скоростью (без программной взаимосинхронизации). При этом протокол передачи сообщений наряду с другими интерфейсными протоколами реализуется в интерфейсных БИС.

Управляющие сигналы, как правило, передаются по магистрале в инверсном коде. Действующее значение сигнала имеет уровень лог. 0 (низкий уровень) транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ), при

отсутствии сигнала линия имеет уровень лог. 1 (высокий уровень). Это позволяет объединять сигналы от разных модулей проводным ИЛИ. При этом нарушение контактов соединителей или обрывы линий (они более вероятны, чем ложное замыкание) приводят к отсутствию сигнала, а не к возникновению нескольких ложных, что меньше влияет на работоспособность системы и облегчает поиск неисправности.

7.1.6. Стандартизация интерфейсов ММС

Интерфейсы ММС стандартизируются на национальном и международном уровнях. Среди многих проектов можно выделить основные, ставшие стандартами де-факто, которые в модернизируемом виде (по рекомендациям рабочих групп IEEE и IEC) или в полном соответствии с проектами, представленными рабочими группами или фирмами, рассматриваются как международные стандарты.

Стандарт IEC BUSI базируется на стандарте IEEE P-796 (вариант системной магистрали интерфейса MBI) и специфицирует: протокол, физическую реализацию в соответствии с P-796, физическую реализацию на основе Европлат с высотой 233,4 мм и 100 мм, глубиной 160 мм, с разъемом по МЭК 603—2. По сравнению с P-796 число линий адреса увеличено до 24 и оговорены функции второго разъема.

Проект стандарта VME-bus (проект P-1014, стандарт IEC 821) разработан на основе 16-разрядного варианта IEEE P-961 путем добавления второго разъема. Интерфейс в основном ориентируется на 16-разрядные ММС, использующие МП типа MC 680XX. Интерфейс обычно применяется как процессорная шина в ММС, в платах процессоров которых не используется локальная двухвходовая память. Однако в проекте VME не разрешены задачи по обеспечению совместности модулей 16- и 32-разрядных ММС, а также конфигураций ММС с различными разрядностями адреса и вариантами исполнения.

Проект стандарта MBII разработан фирмой Intel. В 1983 г. фирма распространила его среди изготовителей ММС для содействия в проверке и завершения стандарта. Комитет по MBII института IEEE в проекте P-1296 на параллельную системную магистраль в 1986 г. уточнил основные положения спецификации, в том числе по использованию двойных Европлат (6U), терминологию и других шин, не рассмотренных в проекте PSB системы MBII, с целью более широкого его распространения среди пользователей, которые заинтересованы в процессорно-независимом стандартном интерфейсе для 32-разрядных ММС, ориентированных на промышленные применения в реальном масштабе времени.

Проект стандарта Fastbus разработан многими рабочими группами, включая IEEE (проект P-960), IEC/TC45 (проект 243). Интерфейс используется в мощных высокопроизводительных 32-разрядных ММС при экспериментальных исследованиях в области физики высоких энергий. Стандарт совершенствуется в технологии физической реализации с целью использования ЭСЛ-уровней для сигналов магистрали.

Проект стандарта Futurebus (проект P-896) разрабатывался институтом IEEE с целью создания единого для промышленных систем процессорно-независимого интерфейса для 32-разрядных ММС будущего. В проект окончательной редакции (1986 г.) внесены дополнения, сближившие его с интерфейсами Fastbus и PSB MBII по геог-

рафической адресации, параллельному арбитражу, распределению контактов. Новые технические решения по физической реализации обеспечивают максимальное быстродействие магистрали при нагрузочной способности ТТЛ-передатчиков (50 мА), имеющих оптронную развязку.

Организации по стандартизации интерфейсов СЭВ (секция 2) в СССР в качестве основных стандартов ММС рассматривают следующие: И-41, аналогичный проекту IEC BUSI; И-42, аналогичный проекту P-1296; интерфейс, аналогичный проекту IEC 821.

7.2. ИНТЕРФЕЙС И-41

7.2.1. Общие сведения

Интерфейс И-41 (ОСТ 25969—83) является аналогом IEC BUSI и предназначен для построения сосредоточенных многопроцессорных модульных систем обработки данных, микропроцессорных комплексов, микроЭВМ, ПЭВМ. Он обеспечивает программный обмен данными одного или нескольких процессоров с памятью и с контроллерами ввода-вывода, прямой доступ к памяти (ПДП) и генерацию прерываний. Интерфейс использует два независимых адресных пространства (памяти и ввода-вывода) и обеспечивает прямую адресацию до 16 Мбайт памяти с использованием 24-разрядного адреса, а также до 64 Кбайт портов ввода-вывода (ПВВ) с использованием 16-разрядного адреса. В циклах обращения к памяти и в циклах ввода-вывода возможны 8- и 16-разрядные передачи данных. Задатчики с байтовой организацией используют 16 адресных линий для адресации памяти и 8 — для выборки ПВВ, адресуя 64 Кбайта памяти и 256 ПВВ. Интерфейс применяется в микроЭВМ СМ1800, СМ1810, ПЭВМ «Искра 1030», «Нейрон И9.66» и др.

7.2.2. Логическая организация

Интерфейс основывается на принципе «здатчик-исполнитель», имеет асинхронный протокол, мультипроцессорные возможности, раздельные шины адреса и данных. Наименования, сокращенные обозначения и назначение сигналов и линий интерфейса приведены в табл. 7.2.

7.2.3. Функциональная организация

В И-41 выполняются следующие интерфейсные и вспомогательные функции: арбитраж запросов задатчиков на управление интерфейсом, операции смены задатчика, обмен данными (чтение и запись), байтовые пересылки данных в двухбайтовых системах, операции с запретом обращения, операции прерывания.

Существуют четыре типа *операций передачи данных*: чтение из ЗУ или ПВВ, запись в ЗУ или ПВВ. Временные диаграммы для ЗУ и ПВВ идентичны. При передаче данных задатчик подключает адрес ЗУ или ПВВ к линиям адреса, при записи он одновременно подключает данные к линиям данных. Затем задатчик возбуждает соответствующий управляющий сигнал чтения или записи, который воспринимается адресуемым исполнителем. Исполнитель принимает или выдает данные на линию данных и возбуждает линию подтверждения передачи, сигнализируя задатчику о выполнении операции. После

Т а б л и ц а 7.2. Линии интерфейса И-41

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Управление</i>		
Синхронизация магистрали	BCLK	Для схем приоритетного арбитража
Постоянная синхронизация	CCLK	Для системных модулей
Запись в память	MWTC	Признак выдачи адреса и данных для записи в память
Чтение из памяти	MRDC	Признак выдачи адреса для считывания данных из памяти
Запись в порт	IOWC	Признак выдачи адреса и данных для записи в ПБВ
Чтение из порта	IORC	Признак выдачи адреса для считывания из ПБВ
Подтверждение передачи	XACK	Признак завершения операции чтения или записи
Начальная установка	INIT	Установка в исходное состояние
Блокировка	LOCK	Признак захвата порта памяти или ПБВ и блокировки обращений от других портов
<i>Адрес и запрет</i>		
Адрес	ADRO... ...ADR17	Выбор исполнителя
Разрешение старшего байта	BHE	Указание о двухбайтовой передаче
Запрет обращения	INX1, INX2	Признаки операций запрета обращений по адресам ОЗУ, ПЗУ
<i>Данные</i>		
Данные	DATO...DATF	Передача и прием данных
<i>Прерывание</i>		
Запросы прерывания	INT0...INT7	Передача от ПУ запроса соответствующего уровня приоритета
Подтверждение прерывания	INTA	Признак выдачи сигналов каскадирования в адресные шины для считывания байта вектора прерывания
<i>Смена задатчика</i>		
Запрос магистралей	BREQ	Признак того, что задатчик требует управления магистралью

Наименование	Обозначение	Назначение
Вход разрешения приоритета	BPRN	Передача данному задатчику разрешения управления магистралью
Выход разрешения приоритета	BPRO	Передача через задатчик разрешения управления магистралью
Занятость магистрали	BUSY	Указание другим задатчикам
Общий запрос магистрали	CBRQ	Указание текущему задатчику, что другому требуется магистраль

Питание

Основное питание	+5	Восемь шин питания
	+12	Две шины питания
Основная земля	-12	Две шины питания
	GND	Восемь шин земли

Примечание. Приведены линии основного разъема; линии дополнительного разъема используются для дополнительных сигналов адреса, управления, электропитания, внутримодульных и межмодульных связей.

этого задатчик отключается от линий магистрали и вслед за ним отключается исполнитель.

Передача слова на магистрали осуществляется по 16 линиям данных, а передача байта — только по 8 младшим линиям данных. При этом передающие двухбайтовые устройства должны иметь шинный формирователь (ШФ), коммутирующий старший байт в младшие линии данных, а принимающие двухбайтовые устройства — ШФ, коммутирующий младшие линии данных в старший байт внутренней магистрали. Это обеспечивает совместимость одно- и двухбайтовых устройств при однобайтовой работе. Передачей данных управляют два сигнала: признак двухбайтовой передачи ВНЕ и младший разряд адреса.

В И-41 могут быть использованы режимы, в которых ПВВ работают в адресном пространстве памяти, используя весь набор команд МП для работы с памятью, или часть адресов ОЗУ использует постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). При этом на магистрали выполняется операция передачи с запретом обращения, во время которой адрес на магистрали воспринимается двумя исполнителями, одновременно запускающимися в работу. Затем исполнитель, использующий адресное пространство второго исполнителя, должен заблокировать его работу и отключить его от магистрали. Делается это с помощью сигнала запрета, который выдается первым исполнителем не позже чем через 100 нс после выдачи адреса задатчиком. Кроме того, исполнитель, использующий этот режим работы, должен вырабатывать сигнал подтверждения не раньше чем завершится цикл работы исполнителя, работу которого он блокирует. Это время определено в 1,5 мкс.

Для выполнения операций типа «семафор», использующих режим «чтение-модификация-запись», задатчик вырабатывает сигнал блокировки LOCK, который блокирует занятие магистрали другими задатчиками и обращение со стороны другого немагистрального порта в двухпортовых ОЗУ исполнителей.

Линии INT0...INT7 используются для передачи сигналов от источников на контроллеры прерываний. Существует два варианта реализации схемы прерывания: не векторное и векторное интерфейсные прерывания.

При передаче не векторного интерфейсного прерывания используется только одна из линий запроса прерываний. На интерфейсе при этом могут выполняться операции другими устройствами. Если по одной линии запроса прерываний передаются сигналы от нескольких источников, то дополнительная информация может быть получена путем снятия состояния с помощью операции чтения в программе обработки прерываний.

При векторном интерфейсном прерывании производится передача вектора прерывания по линиям данных. Схема управления прерыванием задатчика прерывает программу процессора и производит захват управления интерфейсом на все время обработки запроса на прерывание. После выдачи первого сигнала INTA схема управления прерыванием выставляет код прерывания на адресных линиях интерфейса ADR8...ADR10. Далее могут быть два варианта процедуры прерывания: с одним или двумя дополнительными сигналами INTA, во время которых по линиям данных передаются один или два байта векторного адреса прерывания, определяющего адрес памяти с подпрограммой обслуживания прерывания. Число дополнительных сигналов INTA определяется используемыми типами МП и контроллера прерывания.

При наличии на интерфейсе только одного задатчика, он постоянно владеет магистралью, подключая к ней сигналы управления при необходимости общения с исполнителями. Структура интерфейса позволяет организовать многопроцессорную работу нескольких задатчиков. Задатчик получает управление интерфейсом в соответствии с определенной последовательностью захвата управления, определяемой вариантом схемы приоритетного арбитража: последовательным, параллельным или циклическим.

Схема последовательного арбитража используется для задатчиков, последовательно расположенных в схеме захвата управления интерфейсом. Вход BPRN задатчика, имеющего наивысший приоритет заземляется, а его выход BPRO подключается ко входу BPRN следующего задатчика с более низким приоритетом и т. д. При этом любой задатчик, запрашивающий управление интерфейсом, выдает следующему задатчику с более низким приоритетом сигнал BPRO высокого уровня. Таким образом осуществляется передача приоритетной информации задатчикам с низким приоритетом. В данной схеме приоритета линия сигнала запроса BREQ не используется. Число задатчиков на интерфейсе при последовательной схеме приоритета ограничено тремя из-за задержек распространения сигналов BPRN и BPRO в последовательной цепочке задатчиков. При снижении частоты сигнала BCLK число задатчиков можно увеличить.

Схема последовательного арбитража обычно реализуется в БИС арбитра, устанавливаемых в задатчиках, и не требует дополнительных внешних схем.

В схеме параллельного арбитража арбитраж запросов от задат-

чиков на линиях BREQ осуществляется приоритетным шифратором. Зашифрованное значение приоритета запроса затем дешифруется дешифратором для выдачи соответствующего сигнала BPRN. Линии сигнала BPRO в данной схеме не используются. В отличие от схемы последовательного арбитража схема параллельного арбитража является внешней по отношению к задатчикам.

В *схему циклического приоритета* заложены следующие принципы. Если имеется один запрос, то разрешение выдается задатчику, выставившему этот запрос. При появлении более одного запроса разрешение выдается задатчику со старшим приоритетом. Все задатчики расположены по замкнутой цепочке, при этом приоритетный вес каждого задатчика является переменной величиной. Если задатчик снимает сигнал занятости, ему присваивается самый низкий приоритет. Следующему в указанной цепочке задатчику присваивается наивысший приоритет, и арбитраж осуществляется по новой системе приоритетов. Данная схема обеспечивает равное участие задатчиков в системных диалогах.

Возможны монопольный и мультиплексный режимы работы интерфейса. При *монопольном режиме* задатчик формирует внутренний сигнал блокировки интерфейса, который исключает необходимость процедуры захвата интерфейса и повышает эффективность работы системы с одним задатчиком. В *мультиплексном режиме* задатчики поочередно владеют магистралью в соответствии с приоритетами. Задатчик сохраняет управление между циклами обращения по магистрали при отсутствии сигнала общего запроса магистрали. При

Таблица 7.3. Обработка аварии питания и вспомогательные сигналы

Наименование	Обозначение	Назначение
Снижение напряжения сети	ACLO	Признак аварийного снижения напряжения сети
Неисправность электропитания	PFSN	Идентификация неисправности системы электропитания
Сброс сигнала неисправности электропитания	PFSR	Сброс идентификатора неисправности системы электропитания
Прерывание по неисправности электропитания	PFIN	Передача запроса при неисправности электропитания
Защита памяти	MPRO	Блокировка работы памяти на время аварии электропитания
Разрешение приема адреса	ALE	Строб приема адреса
Останов	HALT	Идентификация состояния останова МП
Ожидание	WAIT	Идентификация состояния ожидания МП
Вспомогательный сброс	AUX RESET	Запуск при восстановлении электропитания
Четность	PAR1, PAR2	Дополнение до четности байтов данных

его наличие текущий задатчик прекращает управление интерфейсом и предоставляет схеме арбитража выборку другого задатчика в соответствии с системой приоритетов.

Сигналы и операции аварии в системе электропитания не входят в обязательный состав интерфейса И-41. Однако в интерфейсе предусмотрен набор сигналов для обработки аварийных ситуаций, а также некоторые дополнительные логические сигналы. Наименование, обозначение и назначение этих сигналов приведены в табл. 7.3.

Сигнал HALT выдается процессором и указывает, что процессор находится в состоянии останова. Сигнал AUX RESET является внешним сигналом сброса и используется для запуска последовательности включения или восстановления электропитания. Сигнал WAIT выдается процессором и указывает, что процессор находится в состоянии ожидания.

Две линии контрольных разрядов данных PAR1, PAR2 используются в конфигурациях интерфейса И-41, имеющих аппаратный контроль передачи данных на четность.

Состав технических средств, применяемых в операциях по обработке аварийной ситуации, определяется разработчиком. В качестве резервного источника электропитания используются аккумуляторы, размещаемые на модулях памяти, или какие-либо другие источники, размещаемые вне модулей.

7.2.4. Физическая реализация

Магистраль интерфейса представляет собой совокупность сигнальных проводников, соединяющих подмножество контактов соединителей на объединительной печатной плате. В каждом месте объединительной платы, предназначенном для установки модуля, имеется по два 96-контактных соединителя P1 и P2 (розетки). В качестве соединителей в различных модификациях могут использоваться соединители МЭК 603—2 с шагом 2,54 мм или СНП-59 с шагом 2,5 мм. На модулях устанавливаются микросхемы и другие элементы, а также конденсаторы развязки питания. Модули могут быть одинарными с одним соединителем P1 или двойными с соединителями P1 и P2. Распределение сигналов по контактам соединителя P1, который является основным, показано в табл. 7.4. Через дополнительный соединитель P2 передаются четыре старших разряда адреса ADR14... ADR17, сигналы батарейного и резервного питания, а также логические сигналы обработки аварии питания.

Для модулей могут применяться различные конструкции. В целях оптимального распределения по модулю питающих напряжений и потенциала нуля рекомендуется многослойная печатная плата. При использовании соединителей МЭК 603—2 применяются модули Евромеханики: одинарный E1 100×160 мм и двойной E2 233,35×160 мм. При использовании соединителей СНП-59 размеры модуля — 233,35×220 мм. Максимальная высота элементов, устанавливаемых на модуле, — 15,3 мм. Шаг модулей на объединительной плате — не менее 20 мм. Максимальное число модулей, объединяемых магистралью, — 20.

Сигналы на интерфейсе имеют стандартные ТТЛ-уровни и могут формироваться ШФ серий K155 и K531, а также интерфейсными ШФ серий K580 и K1810. Нагрузочная способность передатчиков составляет 16...32 мА.

Таблица 7.4. Назначение контактов соединителя P1 интерфейса И-41

Контакт	Цепи			Контакт	Цепи		
	С	В	А		С	В	А
1	BCLK	INIT	Земля	17	ADRE	ADRF	РП
2	BPRN	BPRO	»	18	ADRC	ADRD	Земля
3	BUSY	BREQ	»	19	ADRA	ADRB	»
4	MRDC	MWTC	»	20	ADR8	ADR9	»
5	IORC	IOWC		21	ADR6	ADR7	»
6	XACK	INH1	+5 В	22	ADR4	ADR5	»
7	LOCK	INH2	+5 В	23	ADR2	ADR3	»
8	+5 В	+5 В	+5 В	24	ADR0	ADR1	»
9	BHEN	ADR10		25	DATE	DATF	»
10	CBRQ	ADR11	-12 В	26	DATC	DATD	»
11	CCLK	ADR12	-12 В	27	DATA	DATB	»
12	INTA	ADR13		28	DAT8	DAT9	РП (+24 В)
13	INT6	INT7	БП (+12 В)	29	DAT6	DAT7	РП (+24 В)
14	INT4	INT5	БП (+12 В)	30	DAT4	DAT5	+12 В
15	INT2	INT3		31	DAT2	DAT3	+12 В
16	INT0	INT1	РП	32	DAT0	DAT1	+12 В

Примечание. РП — резервное питание; БП — батарейное питание.

7.2.5. Интерфейсные БИС

Для реализации интерфейса И-41 используются ШФ, а также специальные интерфейсные БИС. Шины адреса и данных обычно реализуются с помощью двунаправленных 4-разрядных ШФ К589АП16/26 или 8-разрядных КР580ВА86/87.

Контроллер шины КР580ВГ18 может использоваться с МП набора К580 и с другими МП. Контроллер реализован в 28-контактном корпусе DIP, использует один номинал питания 5 В с максимальным током потребления 240 мА. Обозначение и назначение контактов контроллера показано в табл. 7.5. Контроллер реализует арбитраж, управление временной диаграммой и подключение управляющих сигналов к линиям магистрали. Сигналы с контактов 1, 12, 13, 16...18, 20...23 микросхемы подключаются непосредственно к линиям управления и смены задатчика магистрали И-41. Сигналы управления на контакты 6...9 микросхемы подаются с линий локальной магистрали МП.

Сигнал ADEN возбуждается, когда контроллер получает управление магистралью и используется для включения ШФ адреса и данных. Задержка команд чтения и записи относительно ADEN может регулироваться подсоединением конденсатора и резистора с контакта 15 на землю.

Вход OVRD позволяет не отдавать магистраль задатчику с большим приоритетом и реализовать операцию «чтение-модификация-запись». Выход RDD показывает направление передачи данных и управляет двунаправленными ШФ данных.

Вход XSTR сигнализирует контроллеру о запросе нового цикла

Таблица 7.5: Интерфейсная БИС КР180ВГ18

Контакт	Обозначение	Назначение
1	INIT	Начальная установка
2	—	Не используется
3	XSTR	Запрос цикла передачи
4	XCP	Завершение передачи
5	XCY	Передача данных
6, 7	IOWR, MWTR	Вход записи в порт-память
8, 9	IORR, MRDR	Вход чтения из порта-памяти
10	ANYR	Любой запрос
11	RDD	Чтение данных
12, 13	MRDC, IORC	Выход чтения из памяти-порта
14	GND	Земля
15	DLYADJ	Регулирование задержки
16, 17	MWTC, IOWC	Выход записи в память-порт
18	BUSY	Занятость магистрали
19	ADEN	Разрешение адреса и данных
20	BCLK	Синхронизация арбитража
21	BREQ	Запрос магистрали
22, 23	BPRN, BPRO	Вход-выход разрешения приоритета
24, 25	BCR2, BCR1	Запрос управления магистралью
26	RSTB	Строб запроса
27	OVRD	Захват магистрали
28	U _{cc}	Напряжение питания 5 В

передачи данных. Выход ANYR является логическим ИЛИ входных сигналов чтения-записи. Он может быть соединен со входом XSTR и использоваться для инициирования цикла передачи. Входом XCP можно сигнализировать контроллеру о завершении передачи данных исполнителю при записи или о приеме данных задатчиков при чтении. Выход XCY сигнализирует, что выполняется цикл передачи данных. Строб на входе RSTB принимает запросы магистрали со входов BCR во внутренние триггеры контроллера.

Для МП К1810ВМ86 имеются две интерфейсные БИС: контроллер шины КР1810ВГ88 и арбитр КР1810ВВВ9, реализованные в 20-контактном корпусе DIP. Обе БИС имеют номинал питания +5 В, контроллер потребляет не более 230 мА, арбитр — не более 165 мА. Обозначение и назначение контактов контроллера показано в табл. 7.6.

Контроллер расшифровывает состояние МП и при разрешении на входах вырабатывает на выходе сигналы чтения-записи, а также вспомогательные сигналы управления передачей данных. Выходы IORC, IOWC, MRDC, MWTC, INTA соединяются с соответствующими линиями управления интерфейса И-41. Выход ALE стробирует прием адреса в адресный регистр, DT/R управляет направлением передачи данных, DEN определяет момент включения данных от МП или к нему и управляет включением ШФ данных.

Вход AEN разрешает формирование выходных сигналов чтения-

Таблица 7.6. Интерфейсный БИС КР1810ВГ88

Контакт	Обозначение	Назначение
1	IOB	Установка режима работы
2	CLK	Синхронимпульс
4	DT/R	Управление направлением передачи
5	ALE	Строб приема адреса
6	AEN	Разрешение выходных команд
7	MRDC	Выход чтения из памяти
8	AMWC	Выход опережающей записи в память
9	MWTG	Выход записи в память
10	GND	Земля
11	IOWC	Выход записи в порт
12	AIOWC	Выход опережающей записи в порт
13	IORC	Выход чтения из порта
14	INTA	Выход подтверждения прерывания
15	CEN	Разрешение выходных команд
16	DEN	Разрешение данных
17	MCE/PDEN	Передача адреса каскадирования или разрешение данных магистрали ВВ
18, 3, 19	S2...S0	Вход статуса МП
20	U _{cc}	Напряжение питания 5 В

записи с гарантированной задержкой 115 нс после установки его в лог. 0. Вход IOB определяет режим работы контроллера. При лог. 1 на входе IOB — режим магистрали ВВ, в котором все команды обращения к ПВВ вырабатываются независимо от входа AEN. Выходы IORC, IOWC, INTA не соединяются с линиями системного интерфейса, а используются только в локальной магистрали. При лог. 0 на входе IOB — режим системной магистрали, в котором все команды управляются входом AEN. Вход CEN управляет выработкой команд без гарантированной задержки.

Выход MCE/PDEN в режиме магистрали ВВ управляет включением данных на магистрали ВВ. В режиме системной магистрали он вырабатывается при выполнении прерывания и служит для передачи адреса каскадирования (CAS) от контроллера прерывания задатчика к контроллерам прерывания исполнителя.

Арбитр КР1810ВВ89 реализует функции смены задатчика на магистрали. Обозначение и назначение контактов арбитра показано в табл. 7.7. Сигналы с контактов 5...9, 11, 12, 16 микросхемы подключаются непосредственно к линиям смены задатчика магистрали И-41. По входам S0...S2 синхронно с CLK арбитр принимает и дешифрирует статус МП в каждом такте работы. После занятия арбитром магистрали сигнал на выходе AEN включает ШФ адреса и контроллер шины КР1810ВГ88 (через аналогичный вход).

Вход LOCK при лог. 0 блокирует передачу магистрали другому задатчику независимо от приоритета. Это позволяет реализовать на магистрали операцию типа «семафор». Вход CRQLCK при лог. 0 блокирует передачу магистрали задатчику, запрашивающему ее через вход CBRQ.

Входы IOB и RESB устанавливают режимы работы арбитра

Т а б л и ц а 7.7. Интерфейсная БИС КР1810ВБ89

Контакт	Обозначение	Назначение
1, 19, 18	S2...S0	Вход статуса МП
2	IOB	Установка режима локальной магистрали ВВ
3	SYSB/ $\overline{\text{RESB}}$	Управление арбитром в режиме с локальной магистралью
4	RESB	Установка режима локальной магистрали памяти
5	BCLK	Синхронизация арбитража
6	INIT	Начальная установка
7	BREQ	Запрос магистрали
8	BPRO	Выход разрешения приоритета
9	BPRN	Вход разрешения приоритета
10	GND	Земля
11	BUSY	Занятость магистрали
12	CBRQ	Общий запрос магистралей
13	AEN	Выход разрешения включения адреса и команд
14	ANYRQST	Управление передачей магистрали другому арбитру
15	CRQLCK	Блокировка при общем запросе
16	LOCK	Блокировка
17	CLK	Синхроимпульс
20	U _{cc}	Напряжение питания 5 В

(табл. 7.8), которые учитывают состав оборудования модуля. Микропроцессор может иметь ресурсы памяти и ВВ на ЛМ внутри модуля или через СМ на других модулях. В зависимости от установленного режима арбитр реализует разные алгоритмы занятия и передачи магистрали. К входу SYSB/ $\overline{\text{RESB}}$ подсоединяется выход дешифратора адреса, распределяющий пространство памяти и ВВ между ЛМ и СМ.

Т а б л и ц а 7.8. Режимы работы арбитра КР1810ВБ89

Режим работы	Код входов		Обращение к СМ
	$\overline{\text{IOB}}$	RESB	
СМ (ЛМ отсутствует)	1	0	Любая команда МП
Часть памяти и ВВ на ЛМ, часть на СМ	1	1	Любая команда МП и SYSB/ $\overline{\text{RESB}} = 1$
ВВ на ЛМ, а память на СМ	0	0	Команды памяти МП
ВВ и часть памяти на ЛМ, а другая часть памяти на СМ	0	1	Команды памяти МП и SYSB/ $\overline{\text{RESB}} = 1$

7.3. ИНТЕРФЕЙСНЫЕ СИСТЕМЫ Multibus I и Multibus II

7.3.1. Общие сведения

Интерфейсные системы Multibus фирмы Intel с архитектурой Multibus I (MBI) и Multibus II (MBII) предназначены для построения ММС, в основном использующих МП типов 8080, 8085, 8086, 80286, 80386 (отечественные МП КР580ВМ80, КМ1821ВМ85, КР1810ВМ86).

Архитектура MBI содержит пять магистралей: две параллельные Multibus и LBX, многоканального ввода-вывода Multichannel, локального ввода-вывода SBX и последовательную Bitbus.

Системная магистраль Multibus (IEEE P-796) — одна из наиболее распространенных в мире. Магистраль использует асинхронный протокол со скоростью до 5 Мслов/с (8- или 16-разрядных) в 24-разрядном адресном пространстве и обеспечивает мультипроцессорную работу.

Локальная магистраль LBX является расширением внутренней магистрали МП модулей и используется для подключения к ним дополнительных модулей памяти. Скорость передач на локальной магистрали выше, чем на системной, так как нет потерь времени на арбитраж. Скорость 8-разрядных передач — до 9,5 Мбайт/с, 16-разрядных — до 19 Мбайт/с.

Магистраль Multichannel освобождает СМ от операций ВВ, повышая производительность системы. К магистрали может подключаться до 16 устройств. Она может использоваться также для связи микросистем между собой на расстояние до 15 м. По магистрали могут передаваться 8- или 16-разрядные данные со скоростью до 8 Мбайт/с.

Магистраль SBX (IEEE P-959) позволяет наращивать одноплатные ЭВМ дополнительными «накладными» платами, расширяющими возможности машин в отношении аппаратной арифметики, параллельного и последовательного ВВ, графики и т. д. без существенных дополнительных затрат. Она позволяет подстраивать структуру ЭВМ под конкретную задачу пользователя. Скорость передач — до 10 Мбайт/с.

Последовательная магистраль Bitbus обеспечивает распределенное подключение до 250 устройств обработки данных ВВ и программируемых периферийных контроллеров к различной среде передач длиной до 30 м (для синхронного режима при скорости 2,4 Мбит/с) и до 1200 м (для режима с самосинхронизацией при скорости 62,5 Кбит/с).

Интерфейс MBII (IEEE P-1296) разработан для высокопроизводительных мультипроцессорных систем. Архитектура MBII содержит шесть независимых магистралей: две параллельные, PSB и LBXII, последовательную системную SSB и три магистрали, заимствованные из архитектуры MBI: многоканального ввода-вывода Multichannel, локального ввода-вывода SBX и последовательную Bitbus. Структура каждой магистрали не зависит от типа МП и учитывает требования будущих МП. Одновременное использование магистралей обеспечивает пропускную способность 96 Мбайт/с (PSB — 40 Мбайт/с, LBXII — 48 Мбайт/с, Multichannel — 8 Мбайт/с).

Благодаря большой пропускной способности в системе можно использовать много процессорных модулей без перегрузки магистрали. Поскольку применяемые процессорные модули приобретают все бо-

лее широкие функциональные возможности, запас по пропускной способности позволяет наиболее эффективно использовать каждый добавляемый модуль для повышения производительности системы.

Системная магистраль PSB является высокопроизводительной магистралью общего назначения, которая обеспечивает передачи важнейших данных и межпроцессорные взаимодействия. В ней имеются средства инициализации и конфигурации системы, арбитража. Она позволяет работать с 32-разрядным адресным пространством памяти, 16-разрядным пространством адресов ВВ, 16-разрядным пространством внутренних соединений и 8-разрядным пространством сообщений. Разрядность передаваемых данных 8/16/24/32 бита.

Локальная магистраль LBXII обеспечивает эффективное использование процессором памяти, расположенной на других печатных платах. Она позволяет обращаться к памяти объемом до 63 Мбайт. Ее применение на 60...90 % разгружает системную магистраль. Поскольку магистраль оптимизирована для вычислений, она не производит операций ВВ и передачи сообщений.

Последовательная магистраль SSB позволяет создавать локально распределенные системы из нескольких микросистем или осуществлять связь с приборами.

В архитектуре MBII существует четыре адресных пространства. **Пространство межсоединений** используется для идентификации модулей и конфигурации системы, а также для тестирования и диагностики. **Пространство памяти** используется для доступа к устройствам памяти, хранения и выборки данных и программ. **Пространство ВВ** используется для доступа к ПУ, модулям устройств связи с объектом (УСО), контроллерам системы передачи данных (СПД) и ВЗУ большой емкости. **Пространство сообщений** используется для межмодульных и межпроцессорных связей при передаче информации о прерываниях и пересылке данных.

Каждое адресное пространство может быть доступно нескольким магистралям (табл. 7.9). Каждому модулю, соединенному с ма-

Т а б л и ц а 7.9. Адресные пространства интерфейса MBII

Магистраль	Адресное пространство			
	межсоединений	памяти	ВВ	сообщений
PSB	+	+	+	+
LBX	+	+	—	—
SSB	—	—	—	+
SBX	—	—	+	—
Bitbus	—	+	+	—

гистралью PSB или LBXII, должен быть присвоен свой адрес или группа адресов в пространстве межсоединений. Идентификатором взаимосвязи является **идентификатор места (ИМ)** платы, который принимает свое значение при включении питания. На магистрали PSB значение ИМ меняется от 00 до 19. Центральный обслуживающий модуль (ЦОМ) всегда имеет ИМ, равный 00. На магистрали LBXII значение ИМ меняется от 24 до 29. Первичный задатчик всегда имеет ИМ, равный 24.

Адрес пространства межсоединений состоит из ИМ и последова-

тельных номеров регистров (до 512). Регистры 0 и 1 имеют одну функцию для всех модулей и являются идентификаторами поставщика, остальные определяются пользователем. Регистры 2 и 3, например, могут содержать идентификатор типа модуля, 4 и 5 — литеру исполнения, 6 и 7 — нижнюю границу адресного пространства памяти модуля, 8 — число блоков 64К в модуле. Пространства памяти и ВВ являются широко используемыми пространствами для работы с памятью и устройствами ВВ.

Пространство сообщений используется для реализации мультипроцессорных архитектур, требующих межпроцессорного взаимодействия. Модулям, использующим это пространство, назначается адрес пространства сообщений, который используется для распознавания сообщений, направленных модулю. Адрес OFFH используется как широкоэмитательный адрес, относящийся ко всем модулям.

Одни и те же операции могут выполняться через разные магистрали. При этом задатчик должен однозначно выбирать магистраль, выставляя определенный локальный адрес внутри модуля, исполнитель должен распознавать магистраль по адресным и управляющим сигналам, и каждая магистраль должна быть «прозрачна» для программного обеспечения.

7.3.2. Системная магистраль Multibus

Системная магистраль Multibus имеет набор сигналов, электрические характеристики и логическую организацию, аналогичные магистрали И-41, описанной в разд. 7.2. Модули размером 304,8××171,4 мм имеют два печатных соединителя: основной 86-контактный P1 и дополнительный 60-контактный P2. Распределение сигналов магистрали на соединителе показано в табл. 7.10. Через соединитель

Таблица 7.10. Распределение сигналов Multibus по контактам соединителя P1

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1, 2	Общий	26	INH2
3...6	+5 В	27	BHEN
7, 8	+12 В	28	ADR10
9, 10	Резерв	29	CBRQ
11, 12	Общий	30	ADR11
13	BCLK	31	CCLK
14	INIT	32	ADR12
15	BPRN	33	INTA
16	BPRO	34	ADR13
17	BUSY	35...42	INT7...INT0
18	BREQ	43...58	ADRF...ADRO
19	MRDC	59...74	DATF...DATO
20	MWTC	75, 76	Общий
21	IORC	77, 78	Резерв
22	IOWC	79, 80	— 12 В
23	XACK	81...84	+5 В
24	INH1	85, 86	Общий
25	LOCK		

P2 передаются четыре старших разряда адреса, остальные контакты зарезервированы для сигналов обработки отказа питания, межмодульных связей или локальной магистрали LBX.

Объединительная печатная плата имеет максимальную длину 457,2 мм и может содержать до 16 мест для установки модулей. В крайнем месте объединительной платы устанавливаются нагрузочные и согласующие резисторы.

7.3.3. Локальная магистраль LBX

Локальная магистраль может объединять 2...5 модулей и иметь два задатчика. Первичным задатчиком обычно является микроЭЗМ, а вторичным — модуль ПДП. Наименования, сокращения обозначения и назначения сигналов магистрали приведены в табл. 7.11.

Т а б л и ц а 7.11. Линии магистрали LBX

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Адрес и данные</i>		
Адрес	AB0...AB23	Выбор исполнителя
Данные	DB0...DB15	Передача и прием данных
Четность передачи	TPAR	Дополнение до четности данных
<i>Управление</i>		
Разрешение старшего байта	BHEN	Указание о двухбайтовой передаче
Строб адреса	ASTB	Сопровождение адреса
Строб данных	DSTB	Сопровождение данных
Блокировка адреса	LOCK	Признак захвата порта памяти и блокировки обращений от порта системной магистрали
Чтение-запись	R/ \overline{W}	Команда чтения или записи
Подтверждение передачи	ACK	Признак завершения чтения или записи
<i>Смена задатчика</i>		
Запрос вторичного задатчика	SMRQ	Признак того, что вторичный задатчик требует управления магистралью
Подтверждение вторичного задатчика	SMACK	Признак предоставления магистрали вторичному задатчику

На магистрали в асинхронном режиме выполняются две операции: чтения и записи данных. Установка адреса подтверждается сигналом ASTB, установка данных задатчиком — сигналом DSTB, установка данных исполнителем — сигналом ACK. Линия R/ \overline{W} при лог. 1/0 определяет операцию чтения-записи. Сигналы BHEN и LOCK выполняют функции аналогичных сигналов системной магистрали.

При операции смены задатчика вторичный задатчик запрашивает магистраль возбуждением линии SMRQ. Первичный задатчик после освобождения и отключения от магистрали возбуждает сигнал SMACK. Получив его, вторичный задатчик подключается к магистрали. После окончания работы и отключения от магистрали вторичный задатчик снимает сигнал SMRQ.

Для реализации локальной магистрали используется 60-контактный соединитель P2. Распределение сигналов магистрали по контактам соединителя P2 показано в табл. 7.12.

Т а б л и ц а 7.12. Распределение сигналов LBX по контактам соединителя P2

Контакт	Сигнал	Контакт	Сигнал
1...17	DB0...DB15	49	ASTB
18	CND	50	DSTB
19...35	AB0...AB15	51	SMRQ
36	GND	52	SMACK
37...45	AB16...AB23	53	LOCK
45	GND	54	GND
46	ACK	55...58	ADR20...ADR23
47	BHEN	59	Резерв
48	R/ \overline{W}	60	TPAR

7.3.4. Магистраль многоканального ввода-вывода Multichannel

1. **Общая организация.** Магистраль использует принцип «задатчик-исполнитель» и может содержать три типа устройств: *супервизор*, исполняющий функции задатчика; *базовое устройство*, исполняющее функции исполнителя; и *контроллер*, работающий в режиме либо задатчика, либо исполнителя. На магистрали может быть только один супервизор и до 15 контроллеров и базовых устройств в произвольном сочетании.

Устройство, подключенное к магистрали, работает в одном из следующих состояний: пассивном, выбранном, приемника или источника, задатчика или исполнителя.

Исполнитель в *пассивном состоянии* непрерывно «слушает» магистраль в ожидании режима передачи адреса, определяющего номер этого исполнителя. Супервизор в пассивном состоянии наблюдает за линиями прерываний, запросом обслуживания и запросом супервизора. Исполнитель входит в *состояние выбора*, если он в режиме передачи адреса получает адрес, определяющий его номер. Он остается выбранным, пока в режиме передачи адреса он не получит номер устройства OFH, определяющий отключение исполнителя от магистрали.

Устройство в *состоянии приемника* принимает информацию с линий адреса-данных, в *состоянии источника* выставляет информацию на эти линии. Супервизор или контроллер в *состоянии задатчика* управляют сигналами чтения-записи и адреса-данных. Базовое устройство или контроллер в *состоянии исполнителя* выполняют функ-

ции управляемого устройства. Базовое устройство находится постоянно в состоянии исполнителя, а контроллер может в него переводиться супервизором.

Наименования, обозначения и назначения сигналов в линии интерфейса приведены в табл. 7.13. Сигнал ААСС передается в линию высоким уровнем, все остальные одиночные сигналы — низким. Шестнадцать линий адреса-данных использует источник для передачи приемнику требуемой информации. Дифференциальная пара четности РВ дополняет передаваемую информацию до нечетной и используется для контроля. Четность должна охватывать всю шину данных независимо от размера элемента передачи (8-разрядный байт или 16-разрядное слово). Приемник, обнаруживший ошибку четно-

Таблица 7.13. Линии магистрали Multichannel

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Адрес и данные</i>		
Сигналы адреса-данных	AD0...ADF	Мультиплексированная шина адреса-данных
Четность	PB*	Дополнение до нечетности данных
<i>Управление</i>		
Чтение-запись	R/ \overline{W} *	Команда чтения-записи
Адрес-данные	A/D*	Указание об адресе-данных
<i>Взаимоподтверждение</i>		
Готовность данных	DRDY*	Сопровождение информации на шине адреса-данных
Прием адреса	AACC	Признак приема адреса исполнителем
Прием данных	DACC	Признак приема данных исполнителем
<i>Прерывание</i>		
Запрос обслуживания	SRQ	Запрос для передачи состояния устройства
Запрос супервизора	STQ	Признак того, что исполнитель завершил операцию
<i>Команды супервизора</i>		
Сброс	RESET	Установка в исходное состояние
Супервизор активен	SA	Признак супервизора в режиме задатчика

* Сигналы дифференциальные.

сти, фиксирует ее в регистре состояния (PCO) и вырабатывает сигнал вызова супервизора.

Выбранный задатчик управляет циклом шины и параметрами передачи, используя две дифференциальные пары сигналов управления. Линия A/\bar{D} указывает тип передаваемой информации (адрес или данные). Линия R/\bar{W} указывает направление передачи информации относительно задатчика. Передачи адреса осуществляются командами записи. Данные передаются командой чтения или записи. Выбранные источники и приемники используют линии взаимоподтверждения для стробирования и подтверждения передачи информации во время цикла шины.

Линия AASS используется всеми исполнителями для указания получения адресной информации во время цикла передачи адреса и работает как проводное логическое И, чтобы гарантировать прием всеми устройствами адресной информации. После того как все устройства выставят сигнал на линию, задатчик определяет, что прием адреса завершен, и продолжает цикл передачи адреса шины.

Магистраль имеет две линии прерываний, реализующие функции проводного логического ИЛИ. Устройства могут в произвольные моменты времени устанавливать запросы прерываний на линию, которая останется активной, пока последнее прерывание не будет обслужено и не снимутся запросы с линии. Обработка прерываний выполняется супервизором.

2. Логическая организация. На магистрали возможны два типа циклов: шины и сообщения. *Протокол цикла шины* необходим при передаче одного элемента данных от выбранного источника к выбранному приемнику. Протокол сообщения определяется несколькими последовательными циклами шины. Минимальное сообщение — два цикла шины передачи адреса. *Минимальное сообщение передачи данных* требует пяти циклов шины: двух — в режиме передачи адреса (РПА) для выбора исполнителя, одного — в режиме данных (РД) и двух — в РПА для отключения исполнителя. Пример минимального сообщения данных — команда чтения регистра состояния супервизором. Сообщение данных может иметь любое число циклов в РД между двумя начальными и двумя конечными передачами в РПА.

Все передачи на магистрали асинхронны и каждое устройство обеспечивает взаимоподтверждение передачи. Возможны три режима связи: РПА, РД, режим передачи управления (РПУ).

В РПА каждая передача требует послышки двух элементов информации. Элементами информации могут быть два 16-разрядных слова или два 8-разрядных байта. Все исполнители на магистрали должны принимать все передачи в РПА. Если послышки передаются 8-разрядными байтами, то элементы информации — младшие байты слов.

На магистрали используется 24-разрядное адресное поле, что обеспечивает адресное пространство в 16 Мбайт. Регистры на магистрали определены как 16-разрядные, что обеспечивает адресное пространство регистров в 32 Мбайта. Размер регистра может быть ограничен до 8-разрядного.

Устройство, выбранное по номеру в РПА, запоминает адрес, который использует во время последующих передач в РД. При передаче данных исполнитель увеличивает адрес памяти или регистра после каждой передачи в РД.

На рис. 7.2 приведена диаграмма циклов шины в РПА. Во время первого цикла задатчик выставляет первое слово на линиях

AD0...AD15 и сигнал DRDY. Каждый исполнитель на магистрали подтверждает получение, устанавливая сигнал AACC. Время передачи определяет исполнитель с наибольшим временем ответа. Такая же процедура повторяется и для второго цикла.

Действия исполнителей, принявших посылку, зависят от номера устройства, содержащегося в элементах посылки. Если номер устройства 0FH, то посылка является сообщением отключения. Если

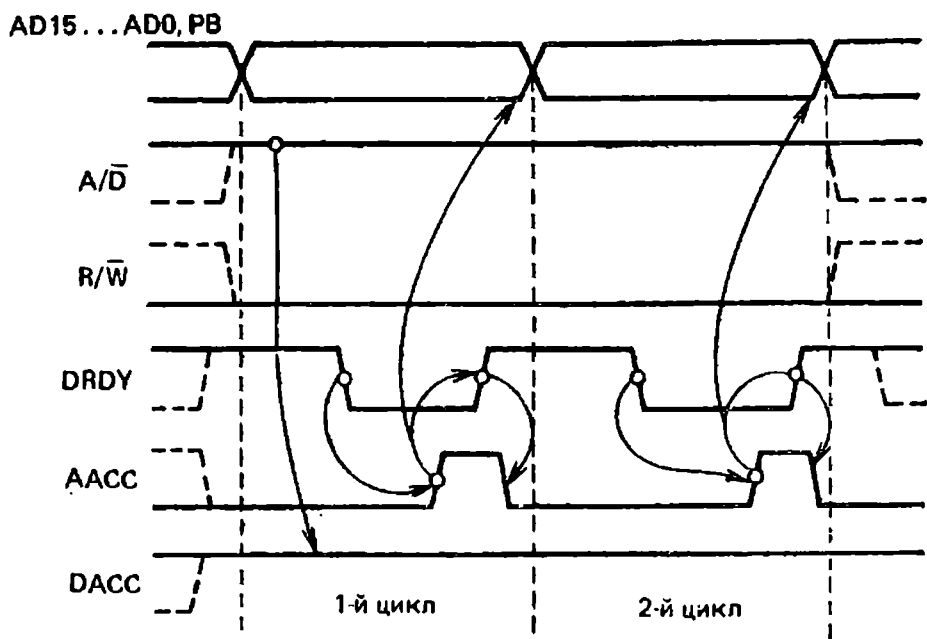


Рис. 7.2. Диаграмма циклов шины в РПА

исполнитель принимает такое сообщение, он должен закончить команду и перейти в пассивное состояние после второго цикла шины для сообщения отключения. Если номер устройства лежит в пределах от 0H до 0EH, задатчик попытается выбрать один из исполнителей. Каждый исполнитель должен определить, его ли выбирают. Если исполнитель не выбран, он остается в ведомом режиме и продолжает принимать посылки в РПА. Выбранное устройство должно запомнить и соответственно отреагировать на информацию в обоих элементах посылок РПА.

В РД посылки являются всегда частью больших сообщений. Между начальной последовательностью выбора в РПА и конечной последовательностью отключения может находиться любое число посылок данных. Посылки данных могут быть 8- или 16-разрядными. Если посылки производятся байтами, они передаются по линиям AD7...AD0. Приемник подтверждает получение элемента информации установкой сигнала DACC. При записи данных задатчик является источником для всего сообщения. При чтении задатчик является источником для начальной и конечной последовательностей в РПА, а исполнитель — источником в циклах шины в РД.

В РПУ супервизор может отдать управление контроллеру и вновь взять управление себе. Супервизор отдает управление после того, как он запрограммирует контроллер для выполнения одной или нескольких команд. Он может взять управление при прерывании

или принудительно в произвольное время. Супервизор отдает управление магистралью, снимая сигнал SA (по окончании сообщения отключения РПА), после чего запрограммированный контроллер управляет линиями A/\bar{D} и R/\bar{W} .

Супервизор берет управление, вновь устанавливая сигнал SA. Устройство, управляющее линиями A/\bar{D} и R/\bar{W} , должно сразу же освободить линии. Захватив управление, супервизор выдает сообщения отключения для всех устройств на магистральной.

Первые 16 регистров с младшими адресами с 00H по 0FH резервированы для системного применения: 0H, 01H и 02H — для обслуживания прерывания (РОП); 03H...0BH — для передачи рабочих параметров (РПП) контроллеру; 0CH...0FH — для будущего использования. Контроллер должен иметь РОП и РПП. Базовое устройство должно иметь РОП, если оно реализует прерывание. В состав РОП входят два регистра состояния (PC0 и PC1) и регистр маски прерываний, управляемый супервизором.

В состав РПП входит группа регистров контроллера. Регистр команды (3H) определяет тип выполняемой команды. В регистре параметров (4H) супервизор указывает исполнителя и тип операции. В регистрах указателей адреса-данных (5H и 6H) супервизор определяет исполнителя, тип операции и адрес памяти. Регистры длины блока (7H и 8H) определяют размер буфера исполнителя. Регистры адреса ошибки (9H и AH) фиксируют адрес памяти, где имела место ошибка.

Устройство запрашивает прерывание, вырабатывая немаскируемый STQ или маскируемый запрос SRQ. Ответ на прерывания резервируется за супервизором. Супервизор обслуживает прерывание, принимая на себя управление магистралью и проводя опрос регистров состояния для определения устройства, установившего прерывание. Супервизор может игнорировать одно или оба прерывания, пока текущая операция не закончится. Прерывающее устройство должно держать прерывание установленным, пока оно не будет обслужено супервизором.

Супервизор инициализирует опрос прерываний, сначала определяя, должен ли он брать управление магистралью. Если супервизор уже установил сигнал SA, он может начать опрос, если нет — супервизор берет управление шиной, устанавливая этот сигнал. Получив управление магистралью, супервизор выдает сообщение отключения для всех устройств.

Супервизор проводит опрос соответствующего регистра состояния в каждом устройстве по порядку: PC0 по STQ и PC1 по SRQ. Когда супервизор читает регистр состояния устройства, установившего прерывание, устройство должно ответить ненулевым значением, обнулить свой регистр состояния и снять сигнал прерывания с линии. При чтении регистра состояния устройства, не имеющего прерывания, устройство должно ответить нулем. Порядок опроса устройств определяется супервизором.

3. Физическая реализация. Для связи устройств на магистральной используется 60-проводной плоский кабель максимальной длины до 15 м, в котором чередуются линии земли и сигналов, или прямые и инверсные дифференциальные линии. На кабеле монтируется от 2 до 16 60-контактных розеток, которые соединяются с вилками модулей. Розетка и вилка соединителя имеют ключ для исключения возможности неправильной установки. Распределение сигналов по контактам двухрядного соединителя показано в табл. 7.14.

Таблица 7.14. Назначение контактов соединителя Multichannel

Вывод	Сигнал	Вывод	Сигнал
1...43*	Земля	44	SA
2...32**	AD0...AD15	45, 46	\overline{PB} , PB
34	RESET	47, 48	$\overline{R/\overline{W}}$, R/ \overline{W}
36	AACC	49, 50	$\overline{A/\overline{D}}$, A/ \overline{D}
38, 40	SRQ, STQ	51, 52	\overline{DRDY} , DRDY
42	DACC	53...60	Резерв

* Нечетные.

** Четные.

Магистраль не имеет линий питания. Драйверы, приемники и передатчики магистралей, непосредственно подключенные к линиям сигналов, должны располагаться вблизи соединителя магистралей, получать питание от модуля и иметь хорошее соединение с сигналом земли магистралей. Печатные проводники, соединяющие контакты элементов с контактами соединителя, не должны превышать 5 см.

При передаче *дифференциальных сигналов* положительный сигнал имеет от +2 до +5,25 В, отрицательный — от -2 до -5,25 В. Остальные сигналы имеют уровни ТТЛ. Согласующие резисторы магистралей расположены с двух сторон кабеля: на одной — резисторы на +5 В, а на другой — заземленные. Согласующие резисторы получают питание +5 В из модуля на конце кабеля. Резисторы, соединенные с землей, могут быть установлены на специальном согласующем модуле, подключенном к концевому соединителю и использующем землю магистралей.

Сигналы передатчиков с открытым коллектором должны приниматься триггерами Шмидта.

7.3.5. Магистраль SBX

1. Общая организация. Магистраль служит для подсоединения к одноплатным микроЭВМ дополнительных модулей. Наименования, сокращенные обозначения и назначение сигналов магистралей приведены в табл. 7.15.

Магистраль может использоваться с 8- или 16-разрядными данными. Модули с 8-разрядными данными имеют 36-контактный, а с 16-разрядными — 40-контактный соединитель. По шине адреса передаются три младших разряда. Старшие разряды адреса дешифрируются на основной плате, которая формирует сигналы выбора микросхем для модулей расширения.

2. Функциональная организация. На магистрале реализованы две операции: ввода и вывода, выполняемые в режиме с ожиданием или без ожидания. В режиме ввода без ожидания основная плата возбуждает линии MA0...MA2 и MCS, а затем линию IORD. Модуль

Т а б л и ц а 7.15. Линии магистрали SBX

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Адрес и данные</i>		
Адрес	MA0...MA2	Выбор порта
Выбор микросхемы	MCS0, MCS1	Выбор микросхемы
Данные	MD0...MDF	Передача и прием данных
<i>Управление</i>		
Ввод из порта	IORD	Признак выдачи адреса для считывания из порта
Вывод в порт	IOWRT	Признак выдачи адреса и данных для записи в порт
Начальная установка	RESET	Установка в исходное состояние
Ожидание	MWAIT	Признак завершения чтения или записи
Запрос ПДП	MDRQT	Признак запроса шин канала ПДП
Подтверждение ПДП	MDACK	Признак представления шин каналу ПДП
Завершение ПДП	TDMA	Признак завершения работы канала ПДП
Синхросигнал	MCLK	Для синхронизации работы модуля SBX
<i>Прерывание</i>		
Запросы прерывания	MINTR0, MINTR1	Передача запроса соответствующего уровня приоритета
<i>Вспомогательные</i>		
Вспомогательные	OPT0, OPT1	Вспомогательные линии
Признак наличия модуля SBX	MPST	Идентификация наличия модуля SBX

SBX выбирает данные из адресуемого ПБВ и подключает их к линиям D0...DF. Основная плата после приема данных снимает сигналы с линий адреса и управления. При *операции вывода без ожидания* основная плата возбуждает линии адреса и данных, а затем линию IOWRT. Далее операция протекает аналогично вводу.

Операции с ожиданием производятся аналогично, но с использованием линии WAIT, на которой модуль SBX устанавливает сигнал после получения адреса. Сигнал с линии WAIT снимается после установки модулем SBX данных на линиях MD0...MDF при вводе или после приема данных при выводе. Таким образом, в режиме с ожи-

данием реализуется асинхронная связь модуля SBX и основной платы.

На магистрали может быть реализован режим ПДП, инициируемый модулем SBX, возбуждающим MDRQT для передачи запроса контроллеру ПДП основной платы. Контроллер ПДП после освобождения шины подтверждает это сигналом MDACK, а затем вырабатывает сигнал IORD, по которому модуль SBX подключает данные к линиям MD0...MDF. Основная плата записывает данные в память и снимает управляющие сигналы, после чего модуль SBX отключается от шины данных. Модуль SBX, работая в режиме ПДП, сигнализирует об этом основной плате, возбуждая линию TDMA. Используя линии прерывания, модуль SBX может передавать сигналы контроллеру прерывания основной платы.

3. Физическая организация. Модули SBX имеют размер 94×63,5 см, двойные модули имеют размер 190,5×63,5 см. Соединитель устанавливается по длинной стороне платы.

7.3.6. Параллельная системная магистраль PSB

1. Общая организация. Магистраль PSB является центральной в МВП. Она имеет синхронный протокол, мультипроцессорные возможности, совмещенные шины адреса и данных и распределенный арбитраж. На магистрали широко используется также мультиплексирование линий управления. Такая мультиплексированная структура существенно уменьшает число линий интерфейса.

Основные системные функции реализует центральный обслуживающий модуль (ЦСМ). Он вырабатывает системные синхроимпульсы, производит инициализацию системы при включении питания, контроль источников питания и переключение на резервный источник, временной контроль (тайм-аут) работы модулей на магистрали.

Кроме обычного режима одиночного обмена данными, при котором каждое слово данных сопровождается адресом (со скоростью до 20 Мбайт/с), на магистрали реализован блочный режим, при котором после передачи адреса осуществляется передача блока данных произвольной длины (со скоростью до 40 Мбайт/с). Этот режим важен для 32-разрядных МП, реализующих выборку команд из памяти блоками по 16 байт.

Каждый байт шины АД дополняется битом четности. Сигналы управления системой передаются в виде кода, также дополняемого битом четности. Аппаратный контроль линий интерфейса вместе с синхронным протоколом существенно повышают надежность.

Арбитраж на магистрали производится децентрализованно, с совмещением с текущим циклом передачи и не занимает специального времени и в том случае, когда магистраль сильно загружена. Для того чтобы модуль с высшим приоритетом не монополизировал всю систему, все запросы последовательно обслуживаются до начала нового цикла арбитража, в котором может обслуживаться следующий запрос высшего приоритета. При аварийных ситуациях «срочный» запрос низшего приоритета прерывает нормальный цикл арбитража и откладывает обслуживание других запросов.

Наименования, обозначения и назначение сигналов и линий магистралей PSB приведены в табл. 7.16. Цикл передачи данных на магистрали состоит из фазы запроса (ФЗ) и фазы ответа (ФО). Во время ФЗ задатчик посылает адрес на линии АД и управляющую информацию (команду) на линии SC. Во время ФО происходит передача данных, при этом задатчик и исполнитель могут выполнить

Таблица 7.16. Линии магистрали PSB

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Адрес и данные</i>		
Сигналы адреса-данных	AD00...AD31	Мультиплексированная шина адреса-данных
Четность	PAR0...PAR3	Дополнение до нечетности байтов данных
<i>Управление системой</i>		
Сигналы управления	SC0...SC7	Мультиплексированная шина сигналов управления
Четность	SC8	Дополнение до нечетности линий SC0...SC3
Четность	SC9	Дополнение до нечетности линий SC4...SC7
<i>Арбитраж</i>		
Сигналы определения приоритета	ARB0...ARB5	Мультиплексированная шина идентификаторов и арбитража
Запрос магистрали	BREQ	Запрос обслуживания задатчика
<i>Центральное управление</i>		
Сброс	RST	Установка в неходное состояние и инициализация всех модулей системы
Сброс не закончен	RSTNC	Признак необходимости продления срока
Падение постоянного напряжения	DCLOW	Признак приближающегося отказа системы
Защита	PROT	Признак включения резервного, батарейного питания
Синхронизация магистрали	BCLK	Для синхронизации операций на магистрали
Центральный синхронимпульс	CCLK	Для дополнительной синхронизации модулей
Прем идентификатора	LACH	Для приема идентификаторов места и арбитражных идентификаторов
<i>Исключение текущего цикла</i>		
Ошибка магистрали	BUSERR	Признак обнаружения ошибки четности на шинах адреса-данных или управления
Блокировка по времени	TIME-OUT	Признак недопустимо большого интервала цикла магистрали

несколько циклов. Последняя передача данных сопровождается сигналом конца цикла. Если другой задатчик выставил запрос, то текущий задатчик теряет управление магистралью.

Во время ФЗ линии SC возбуждаются задатчиком, сообщая исполнителю о типе выполняемой операции. Во время ФО часть линий SC возбуждается исполнителем для передачи информации о состоянии и подтверждении связи. Функции линий SC приведены в табл. 7.17.

Т а б л и ц а 7.17. Функции линий SC магистрали PSB

Линия SC	Функция во время ФЗ	Функция во время ФО
SC0	Фаза запроса	Нет фазы запроса
SC1	Блокировка	Блокировка
SC2	Разрядность данных	Конец цикла
SC3	Разрядность данных	Готовность задатчика
SC4	Адресное пространство	Готовность исполнителя
SC5	Адресное пространство	Код ошибки исполнителя
SC6	Тип операции	Код ошибки исполнителя
SC7	Не используется	Код ошибки исполнителя

Функция линий SC2...SC7 во время ФО изменяются. Задатчик в ФО по линии SC2 сообщает исполнителю, что текущая передача данных является последней и наступает конец цикла. Линия SC3 в ФО задатчик использует для сообщения исполнителю о готовности к передаче или приему данных. По линии SC4 в ФО исполнитель сообщает задатчику о готовности передачи данных. Эти две линии в ФО обеспечивают двустороннее подтверждение передачи.

По линиям SC5...SC7 исполнитель передает код ошибки (табл. 7.18). Группа сигналов арбитража обеспечивает прерывистый доступ задатчиков к магистрали. Линия BREQ возбуждается задатчиками, имеющими запросы на обслуживание магистралью. После включения питания ЦОМ присваивает каждому модулю индивидуальный идентификатор места (ИМ), а каждому задатчику — идентификатор приоритета (ИП). Для этого он последовательно возбуждает сигналы

Т а б л и ц а 7.18. Код ошибки исполнителя магистрали PSB

Код SC7...SC5	Тип ошибки
000	Обмен данными закончен без ошибок
001	Ошибка разрядности — разрядность данных не совместима с разрядностью исполнителя
010	Ошибка продолжения — исполнитель не может продолжать операцию
011	Передача не понята — обнаружено несколько ошибок
100	Нет подтверждения — исполнитель не может ответить на сообщение
101	Ошибка данных модуля
110, 111	Резерв

LACH, для каждого места объединительной платы, сопровождая их кодом на линиях ARB0...ARB4. При $ARB5 = 1$ передается код ИМ, при $ARB5 = 0$ — код ИП.

Идентификатор места определяет географический адрес и используется для адресации в пространстве межсоединений. Идентификатор приоритета определяет приоритет задатчика при арбитраже. Сигнал на линии ARB5 сопровождает *запрос срочного приоритета*. Если два или несколько задатчиков возбуждают сигнал на линии ARB5, то приоритет определяется ARB0...ARB4.

Группа сигналов центрального управления обеспечивает состояние системы в целом. Сигнал RST посылается ЦОМ всем модулям системы для проведения ими инициализации. Если модуль не успевает закончить инициализацию за время действия RST, то он возбуждает сигнал RSTNC для продления времени инициализации, который также принимается всеми модулями. Пока действуют эти сигналы, модули не могут выполнять операции на магистрали.

Сигнал BCLK (максимальная частота 10 МГц) вырабатывается ЦОМ и является основным тактирующим импульсом для синхронизации операций циклов арбитража и передачи данных. Все операции на магистрали производятся по срезу BCLK.

Сигнал CCLK имеет частоту вдвое выше и может использоваться для дополнительной синхронизации модулей.

2. Логическая организация. На магистрали возможны три типа циклов: арбитража, передачи данных и исключения. Во время цикла арбитража задатчики, которым необходим доступ к магистрали, определяют очередность предоставления магистрали. В результате цикла арбитража задатчик с высшим приоритетом становится текущим задатчиком. После этого задатчик выполняет циклы передачи данных. Если при этом обнаружена неустраняемая ошибка, то выполняется цикл исключения.

В *цикле арбитража* все задатчики имеют доступ к линиям ARB0...ARB5, по которым они при инициализации получают индивидуальные ИП от ЦОМ, а при запросе магистрали посылают ИП обратно на линии. Запросы магистрали могут быть двух видов: нормального ($ARB5 = 0$) и срочного приоритета ($ARB5 = 1$). Задатчики с нормальным приоритетом не могут войти в цикл арбитража, пока не получат доступ все задатчики, уже стоящие в очереди. Это достигается тем, что задатчики, не получившие доступа, но состоящие в очереди, удерживают линию BREQ в состоянии лог. 0.

Задатчики со срочным приоритетом могут войти в текущий цикл арбитража, где они будут иметь преимущество над задатчиками с нормальным приоритетом.

Цикл арбитража состоит из последовательностей: фазы решения (ФР) и фазы доступа (ФД). Во время ФР определяется задатчик высшего приоритета, во время ФД он получает доступ к магистрали и начинает цикл передачи, а остальные задатчики остаются в ФР и продолжают арбитраж, определяя следующего задатчика магистрали.

Принципиальная схема блока, реализующего параллельный арбитраж в задатчике, приведена на рис. 7.3. В течение ФР задатчик выставляет свой код ИП на линиях ARB0...ARB5. Если в результате поразрядного сравнения (начиная со старших разрядов) он обнаруживает на одной из линий, на которую не выставлял сигнала, уровень лог. 0 (признак наличия запроса с более высоким ИП), то он отключает от линий младшую часть своего кода ИП и блокирует формирование сигнала «доступ». В результате на линиях ARB оста-

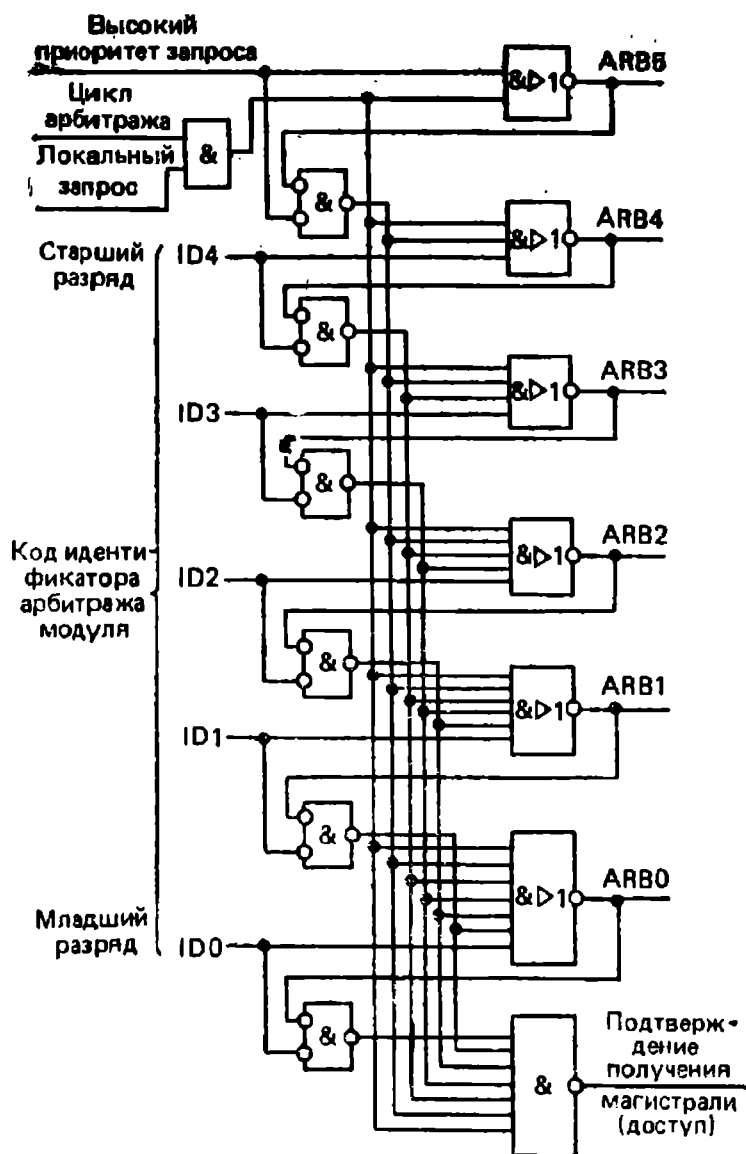


Рис. 7.3. Схема блока арбитража PSB

ется код задатчика с наивысшим текущим ИП, в этом задатчике формируется сигнал «доступ» и он вступает в ФД.

На рис. 7.4 показана временная диаграмма арбитража. Задатчик вступает в ФР после того, как все задатчики, участвовавшие в предыдущей ФР (возбудившие линию BREQ), получили доступ к магистрали. После обслуживания очередного задатчика он прекращает возбуждение линии BREQ. После обслуживания всех задатчиков на линии BREQ устанавливается лог.1 и через период BCLK новая группа задатчиков может вступить в следующую ФР цикла арбитража.

В конце цикла передачи задатчик возбуждает линию SC2 и отключается от магистрали. Следующий задатчик, выигравший арбитраж, немедленно вступает в ФД. Если ни один из задатчиков не запрашивает доступа, то текущий задатчик после окончания циклов

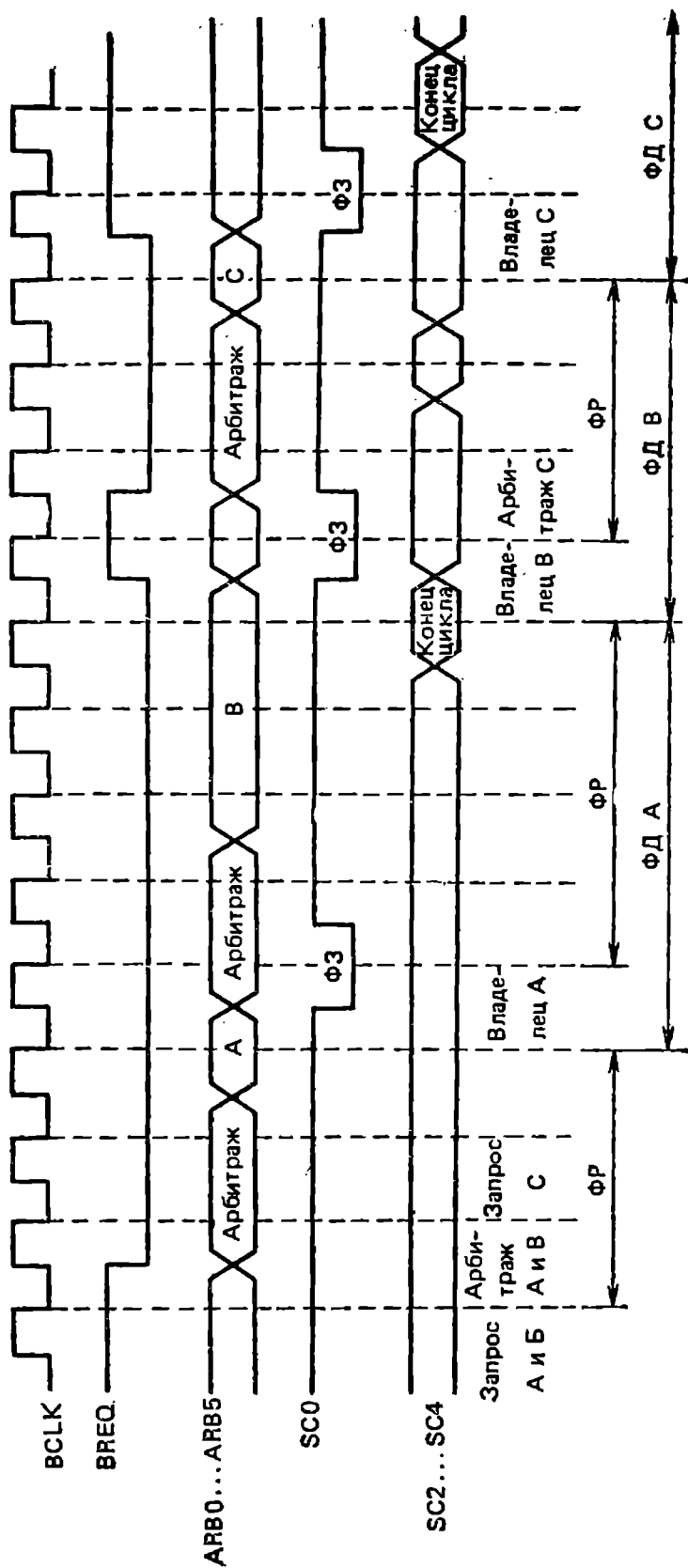


Рис. 7.4. Диаграмма арбитража PSB

передачи сохраняет управление магистралью и может возобновить циклы передачи, не выполняя цикла арбитража. Текущий задатчик может обеспечить себе монопольный доступ к магистрали в течение нескольких последовательных циклов передачи, возбуждая линию SC1.

Цикл передачи может выполняться в одиночном, блочном или широковещательном режимах. В одиночном режиме за цикл передается одно слово данных, в блочном — блок данных, сопровождаемый начальным адресом, а в широковещательном — блок данных сразу несколькими исполнителям.

Во время ФЗ задатчик возбуждает адрес исполнителя, а по шинам SC информирует о типе адресного пространства, разрядности данных и выполняемой команде. Во время ФО передаются данные, а по шинам — SC — сигналы подтверждения связи и информация о наличии и типе ошибки исполнителя. Задатчик заканчивает цикл передачи, возбуждая линию SC2.

Временная диаграмма чтения 16-разрядного слова в одиночном режиме приведена на рис. 7.5. Исполнитель, поместив данные, воз-

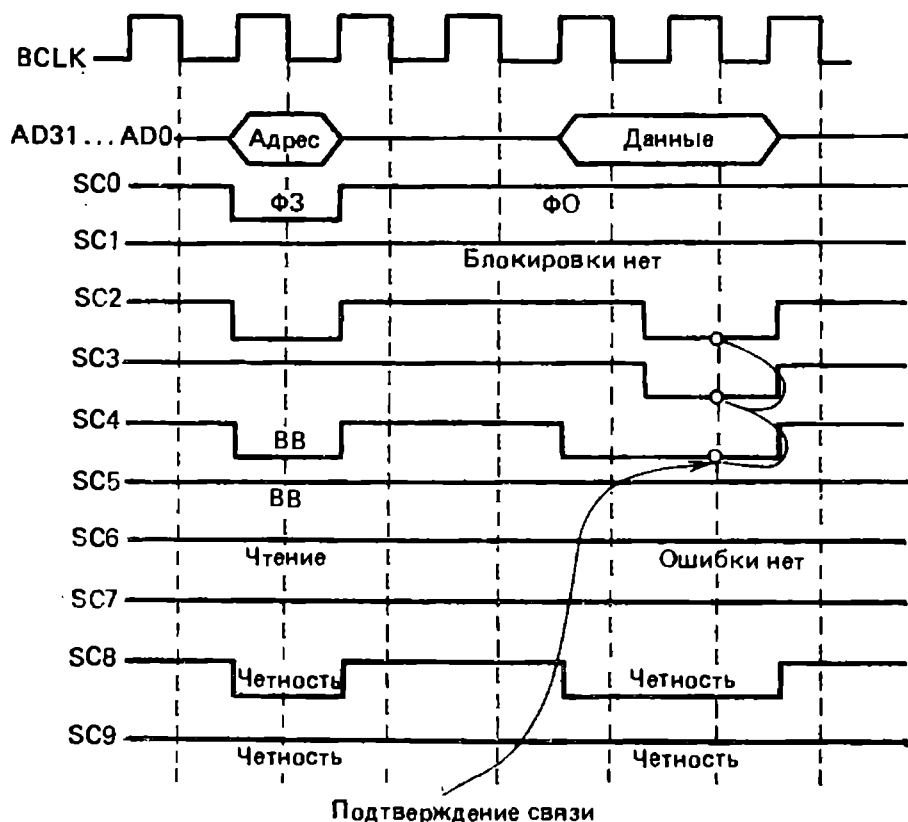


Рис 7.5. Диаграмма чтения 16-разрядного слова PSB

буждает линию SC4. Задатчик возбуждает сигнал на SC2, а при готовности к приему данных — сигнал на SC3. Связь подтверждается наличием сигналов на SC3 и SC4, и по срезу следующего синхронимпульса осуществляется прием информации задатчиком. Аналогично выполняется операция записи.

Блочный режим цикла передачи отличается от одиночного тем что во время ФО производится несколько передач данных, последняя из которых сопровождается сигналом конца цикла. При этом адрес и тип операции на линии SC6 возбуждаются только в ФЗ. Временная диаграмма записи при блочной передаче приведена на рис. 7.6.

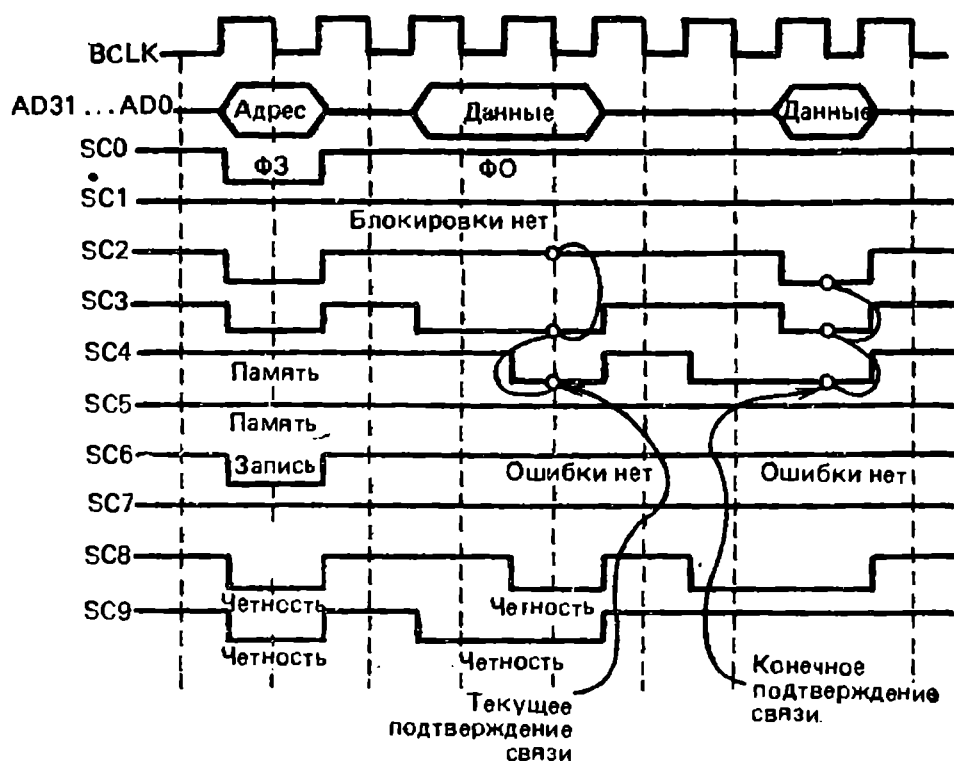


Рис. 7.6. Диаграмма записи при блочной передаче 32-разрядных слов PSB

Широковещательный режим имеет два основных отличия от одиночного: задатчик обращается сразу к нескольким исполнителям и производит только запись информации. Временная диаграмма широковещательного режима показана на рис. 7.7. Он используется только в адресном пространстве сообщений.

В этом режиме исполнители не вырабатывают сигнала подтверждения на SC4. Вместо этого задатчик возбуждает шину данных или шину SC3 в течение восьми периодов синхронимпульсов. Для подтверждения связи задатчик возбуждает линию SC4 в течение восьмого периода. Последняя передача данных сопровождается сигналом на SC2. Исполнитель в этом режиме вообще не возбуждает шины SC и не передает типа ошибок.

Во время одиночного и блочного циклов передачи задатчик осуществляет проверку ошибки исполнителя. Обычно ошибка может быть определена и исправлена задатчиком. Ошибка исполнителя отличается от условий исключения тем, что она прерывает только текущий цикл передачи, не вызывает цикла исключения и не прерывает цикла арбитража. При обнаружении ошибки задатчик во время следующего периода синхронимпульсов вырабатывает сигнал на SC2,

Исполнитель после фиксации первой ошибки игнорирует последующие. Операции внутри исполнителя прекращаются сразу же после обнаружения ошибки, не ожидая сигнала на SC2. Ошибка устройства имеет приоритет ниже ошибок исключения.

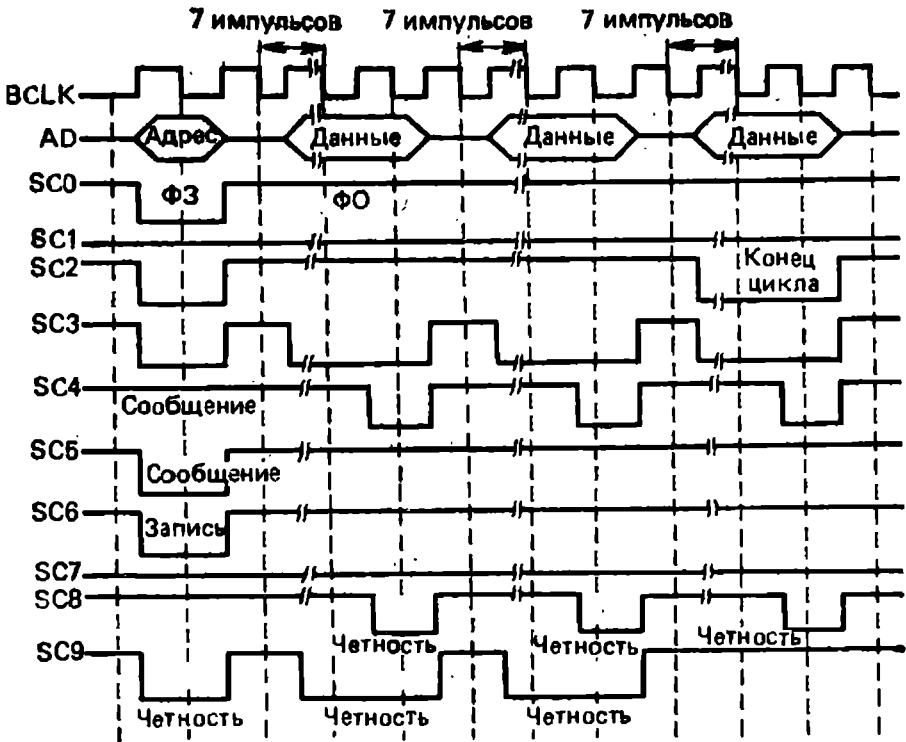


Рис. 7.7. Широковещательный режим PSB

Адресное пространство, в котором осуществляется цикл передачи, определяется кодом на линиях SC4, SC5 (табл. 7.19). При выполнении цикла передачи задатчик отвечает за правильность пользования адресным пространством.

Т а б л и ц а 7.19. Адресные пространства магистрали PSB

Код SC5, SC4	Тип пространства	Разрядность адреса	Разрядность данных
00	Память	32	8, 16, 24, 32
01	Ввод-вывод	16	8, 16, 24, 32
10	Сообщения	8	32
11	Межсоединения	14	8

В пространстве сообщений возможны только операции записи в один или несколько исполнителей. В других пространствах производятся операции чтения или записи в один исполнитель. При блочных передачах в пространстве памяти исполнитель осуществляет приращение адреса после каждой передачи данных. При 8-разрядной пересылке адрес увеличивается на 1, при 16-разрядной — на 2 и т. д.

В пространстве ВВ и сообщений блочные передачи производятся во внутренний буфер без приращения магистрального адреса в исполнителе. В пространстве межсоединений блочные передачи не реализованы.

Пространство сообщений используется для межмодульных связей на магистрали. Оно обеспечивает механизм прерываний и механизм передачи параметров и данных между двумя модулями и в широковысказательном режиме. Возможны два типа сообщений: затребованные и незатребованные. Незатребованные сообщения являются неожиданными, ограниченными сообщениями о прерываниях, при которых передается небольшое количество данных.

Затребованные сообщения являются ожидаемыми и содержат данные, передаваемые блоками. Адрес сообщения содержит адрес приемника (разряды 0...7) и адрес источника (разряды 8...15).

Пространство межсоединений обеспечивает передачу информации о конфигурации системы. Каждый модуль на магистрали имеет собственный адрес места на объединительной плате, присвоенный ему ЦОМ во время инициализации. При передачах данных в пространстве межсоединений адрес содержит ИМ (разряды 11...15) и номер адресуемого регистра модуля (разряды 2...10). Два младших разряда должны содержать нули.

Сообщение состоит из заголовка и поля данных. Минимальное сообщение содержит четыре байта, максимальное — 32 байта, включая заголовок.

В ФЗ по линиям AD0...A7 передается адрес приемника, а по линиям AD8...AD15 — адрес источника сообщения, разряды AD16...AD31 не используются. В первой передаче ФО по линиям AD0...AD7 передается тип команды, а по линиям AD8...AD15 — поле уточнения, которое меняет функции в зависимости от типа команды. Разряды AD16...AD31 не используются. В последующих передачах ФО при необходимости передается 32-разрядная информация сообщения. Задатчик не вырабатывает сигнала конца цикла, и исполнитель завершает прием сообщения после приема определенного количества информации.

Прерывания на магистрали выполняются с помощью незатребованных сообщений. Когда модуль определяет необходимость послышки прерывания, он запрашивает доступ к магистрали, выполняет цикл передачи сообщения, содержащего только заголовок, и освобождает магистраль. В ФЗ передаются 8-разрядные идентификаторы источника и приемника прерывания. В ФО в поле типа команды передается нуль, а в поле уточнения — тип прерывания. Исполнитель, идентификатор которого послан в качестве приемника, прерывает работу внутреннего процессора и выполняет программу обслуживания.

Цикл исключения используется при обнаружении ошибок и инициализируется только сигналами исключения. Он выполняет две функции: корректно прекращает цикл передачи при обнаружении ошибки и обеспечивает бездействие шины в течение определенного периода времени. Эти две функции определяют две фазы цикла: сигнальную и восстановления.

При получении сигнала исключения модуль, находящийся в любой фазе цикла арбитража или передачи, прекращает операции на магистрали и устанавливает период бездействия в течение нескольких периодов синхронимпульса.

Фаза восстановления, во время которой магистраль возвращается в рабочее состояние перед возобновлением циклов передачи, начинается после снятия сигнала исключения.

Сигнал блокировки по времени TIME OUT возбуждается ЦОМ, если в цикле передачи в течение 10 периодов BCLK отсутствуют сигналы подтверждения связи. Исключение по времени может произойти в ФЗ при адресации несуществующего исполнителя или в ФО в результате сбоев сигналов подтверждения связи. Получив сигнал TIME OUT, действующий в течение одного периода BCLK, модули прекращают выполнение операции и переходят в фазу восстановления длительностью не менее трех периодов BCLK, после которой может продолжаться работа на магистральной.

При обнаружении нарушения четности на линиях AD0...AD32 или SC0...SC7 модуль вырабатывает сигнал BUSERR в течение одного периода BCLK. Операции на магистральной прекращаются и могут возобновляться через три периода BCLK.

Функции центрального управления обеспечивают инициализацию при включении питания, рестарт по команде, а также контроль за наличием питания. Процедура инициализации гарантирует всем устройствам определенный период времени после установления напряжения питания и дает им возможность начать операции с известного состояния. При включении питания ЦОМ выставляет сигналы DCLOW и RST и блокирует сигнал PROT в течение 1 мс. При такой комбинации сигналов устройства осуществляют сброс по включении питания. Процедура сброса длится 2,5 мс. В течение этого времени ЦОМ удерживает сигнал DCLOW, а затем еще не менее 50 мс удерживает сигнал RST для инициализации устройств. Если каким-либо устройствам не хватило этого интервала времени, они выставляют сигнал RSTNC и продолжают инициализацию.

Сигналы DCLOW и PROT асинхронны, а RST и RSTNC синхронны с импульсами BCLK. При рестарте ЦОМ возбуждает сигнал RST в течение не менее 50 мс.

При начинающемся отключении источник питания сигнализирует об этом ЦОМ, который выставляет предупредительный сигнал DCLOW. Это значит, что в течение 6,5 мс на магистрали будет находиться допустимый уровень напряжения питания, что позволит программному обеспечению сохранить состояние важнейших регистров системы. Затем ЦОМ выставляет сигнал PROT, блокирующий дальнейшую работу магистрали. Далее в течение 250 мкс подготовка к отключению питания происходит аппаратно. Схема, которая вырабатывает сигнал PROT, должна иметь источник питания от батарей. В интервале 6,5...7 мс ЦОМ выставляет сигнал RST.

3. Физическая реализация. Основные функции магистрали PSB реализует 149-контактный *сопроцессор передачи сообщений*. Он содержит буферы и схемы управления сообщениями, схему управления двухпортовой памятью, регистры идентификации места и арбитража и выполняет операции арбитража, передачи и исключения.

Конструктивно интерфейс MBII совместим со стандартами МЭК 603-2 (на соединители) и МЭК 297-3 (на конструкцию плат и блока).

Магистрали PSB и LBXII реализованы на 6-слойной объединительной печатной плате, в каждом месте которой имеется 96-контактный трехрядный соединитель типа МЭК-603-2 для PSB и при необходимости может устанавливаться второй такой же соединитель для LBXII. На обоих концах сигнальных линий в объединительной печатной плате установлены согласующие резисторы.

Модули используют 6-слойные платы Евромеханики 100×220 мм (одинарной) или 233,5×220 мм (двойной высоты). Одинарные платы имеют соединитель P1 для магистрали PSB. Двойные платы имеют соединители P1 для PSB и P2 для LBX или для специальных функ-

**Т а б л и ц а 7.20. Назначение контактов соединителя P1
магистральной PSB**

Вывод	Ряд А	Ряд В	Ряд С
1	0 В	PROT	0 В
2	+ 5 В	DCLOW	+ 5 В
3	+ 12 В	+ 5 В*	+ 12 В
4	Резерв	SDA	BCLK
5	TIME OUT	SDB	0 В
6	LACH	Земля	CCLK
7	AD00	AD01	0 В
8	AD02	0 В	AD03
9	AD04	AD05	AD06
10	AD07	+ 5 В	PAR0
11	AD08	AD 09	AD10
12	AD11	+ 5 В	AD12
13	AD13	AD14	AD15
14	PAR1	0 В	AD16
15	AD17	AD 18	AD19
16	AD20	0 В	AD21
17	AD22	AD23	PAR3
18	AD24	0 В	AD25
19	AD26	AD27	AD28
20	AD29	0 В	AD30
21	AD31	Резерв	PAR3
22	+ 5 В	+ 5 В	Резерв
23	BUSREQ	RST	BUSERR
24	ARB5	+ 5 В	ARB4
25	ARB3	RSTNC	ARB2
26	ARB1	0 В	ARB0
27	SC9	SC8	SC7
28	SC6	0 В	SC5
29	SC4	SC3	SC2
30	- 12 В	+ 5 В*	- 12 В
31	+ 5 В	SC1	+ 5 В
32	0 В	SC0	0 В

* Питание от батарей.

ций пользователя. Распределение сигналов магистрали PSB по контактам соединителя P1 приведено в табл. 7.20.

Сигналы на магистрали имеют стандартные ТТЛ-уровни и вырабатываются формирователями с выходами ТТЛ, открытым коллектором или с тремя состояниями. Нагрузочные способности передатчиков — 48 и 60 мА.

Максимальное число модулей, объединяемых магистралью PSB, равно 20. Шаг модулей на объединительной плате — 20,32 мм. При числе объединяемых модулей менее 12 ПИОМ располагается в крайнем месте, а при числе более 12 — в центре и вырабатывает две пары

сигналов, BCLK и CCLK, разделенных для левой и правой групп модулей. Независимо от расположения ЦОМ имеет нулевой номер места. Нумерация остальных модулей возрастает справа от ЦОМ со стороны объединительной панели по кольцевому принципу.

7.3.7. Локальная магистраль LBX II

1. Общая организация. Магистраль LBXII является быстродействующей параллельной магистралью MBII с *синхронным протоколом*, раздельными шинами адреса и данных и может объединять до шести модулей, два из которых могут быть задатчиками. В системе могут существовать несколько магистралей LBXII.

Магистраль имеет *простой арбитраж*, при котором ею постоянно владеет первичный задатчик, не теряющий при этом времени на арбитраж. Вторичный задатчик запрашивает магистраль у первичного, который, закончив свою работу, предоставляет ее вторичному. Первичный задатчик реализует системные функции магистрали, вырабатывая тактирующие синхросимпульсы частотой до 12 МГц и сигнал локального сброса.

Наличие раздельных 26-разрядной шины адреса (адресующей до 64 Мбайт памяти) и 32-разрядной шины данных позволяет реализовать *режим с совмещением фаз передач данных* (текущего обращения) и адреса (следующего обращения), что обеспечивает скорость передачи до 48 Мбайт/с. Передачи адреса и данных контролируются по четности. На магистральной предусмотрена работа в пространствах памяти и межсоединений. Рабочие циклы магистрали (арбитража, передачи данных и исключения) по функциям аналогичны циклам магистралей PSB.

Наименования, обозначения и назначение сигналов и линий магистрали LBXII приведены в табл. 7.21. Магистраль доступна только двум задатчикам. При отсутствии вторичного задатчика магистралью всегда владеет первичный задатчик и цикл арбитража отсутствует. Вторичный задатчик запрашивает магистраль у первичного, возбуждая сигнал XBUSREQ. Первичный задатчик передает управление магистралью вторичному, возбуждая сигнал XBUSACK. Закончив работу на магистральной, вторичный задатчик снимает сигнал XBUSREQ, возвращая ее первичному задатчику, который снимает сигнал XBUSACK.

Во время цикла передачи в ФЗ задатчик возбуждает шину адреса ХА и командную шину ХС, которая сообщает о типе выполняемой операции. В ФО происходит обмен данными между задатчиком и исполнителем по шине данных ХД. В любой момент времени сигналы ФЗ могут начать новый цикл передачи, а сигналы ФО завершить текущий цикл.

Сигналы четности ХАРАР и ХДРАР (необязательные) вырабатываются только в случае, если все модули на магистральной имеют оборудование формирования и контроля по четности. При работе в пространстве межсоединений задатчик может возбуждать только 16 младших разрядов адреса. Однако если на магистральной реализован контроль по четности адреса, то должны возбуждаться все 26 разрядов.

Шина ХС определяет *тип выполняемой команды*: ХС0, ХС1 — разрядность передаваемых данных (8, 16, 24 или 32 разряда) аналогично кодам магистрали PSB; ХС2 — операцию чтения-записи; ХС3 — пространство памяти-межсоединений. По шине ХД0...ХД31

Т а б л и ц а 7.21. Линии магистрали LBXII

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Арбитраж</i>		
Запрос магистрали	XBUSREQ	Запрос обслуживания задатчика
Подтверждение магистрали	XBUSACK	Подтверждение обслуживания
<i>Передача</i>		
Адрес	XA0...XA25	Шина адреса
Данные	XD0...XD31	Шина данных
Команды	XC0...XC3	Шина управления
Четность адреса	XAPAR	Дополнение до нечетности адреса
Четность данных	XDPAR	Дополнение до нечетности данных
<i>Исключение</i>		
Ошибка адреса	XAERR	Признак обнаружения ошибки адреса
Ошибка данных	XDERR	Признак обнаружения ошибки данных
<i>Управление системой</i>		
Ожидание	XWAIT	Признак неготовности данных
Запрос доступа	XACCREQ	Признак цикла передачи данных
Блокировка	XLOCK	Признак захвата порта памяти и блокировка обращений от других портов
Передача блока	XBTCTL	Признак блочной передачи
Прерывание	XINT	Запрос прерывания
Синхронимпульс	XBCLK	Синхронизация операций
Сброс	XRESET	Установка в исходное состояние и инициализация модулей
Идентификатор места	XID0...XID2	Идентификация места в пространстве межсоединений

осуществляется обмен данными в ФО. Сигналы XAERR и XDERR вырабатываются в случае нарушения четности при передачах адреса и данных и вызывают цикл исключения.

Сигналы управления системой обеспечивают сброс, синхронизацию и управление доступом к магистрали. Сигнал ожидания XWAIT используется для подтверждения готовности данных на магистрали и возбуждается исполнителем в ФО до тех пор, пока данные не установятся на шине. При выполнении операции с перекрытием ФЗ и ФО исполнитель может вырабатывать сигнал ожидания во время первого синхронимпульса ФЗ следующей операции. При этом испол-

нитель заставляет задатчика продлить ФЗ до тех пор, пока не снимется сигнал ожидания. Во время сброса все модули возбуждают сигнал ожидания. Если при этом модулю требуется время большее, чем время действия сигнала XRESET, то он задерживает снятие сигнала XWAIT до конца инициализации. Модули не могут выполнять циклы магистрали пока действуют сигналы XRESET или XWAIT.

Сигнал запроса XACCREQ возбуждается в ФЗ задатчиком и указывает исполнителю, что на магистрали установлен адрес и команда. Если в такте возбуждения сигнала XACCREQ устанавливается сигнал WAIT, то задатчик должен сохранять сигнал XACCREQ до снятия сигнала WAIT. Сигнал XLOCK вырабатывается задатчиком при монопольном обращении к многопортовой памяти и блокирует обращение от других портов. Задатчик возбуждает сигнал XBTCTL во время передачи блока данных, указывая исполнителю на режим блочной передачи. Сигнал прерывания XINT может возбуждаться любым исполнителем или вторичным задатчиком и принимается первичным задатчиком.

Синхроимпульс XBCLK вырабатывается первичным задатчиком и обеспечивает опорную синхронизацию для всех операций на магистрали, которые выполняются по срезу импульса. Сигнал сброса XRESET возбуждается первичным задатчиком и обеспечивает время для инициализации всех модулей магистрали.

Сигналы идентификации XID0...XID2 определяют три младших разряда ИМ пространства межсоединений. Они не являются шинами объединительной платы, имеют в каждом модуле резистор 10 кОм на +5 В и могут заземляться, образуя индивидуальный ИМ для каждого модуля. Первичный задатчик имеет номер 0, остальные от 1 до 5. Два старших разряда ИМ пространства межсоединений для магистрали LBXP соединяются с линией лог. 1.

2. Логическая организация. На магистрали возможны три типа циклов: арбитража, передачи и исключения. *Цикл арбитража* выполняется только в случае, если управление магистралью запрашивает вторичный задатчик. *Цикл передачи* состоит из ФЗ для передачи адреса и команды и ФО для передачи данных. В *цикле исключения* передаются сообщения об ошибках.

Цикл передачи вторичного задатчика следует через период XBCLK после цикла арбитража. Фаза запроса всегда равна двум периодам XBCLK, за исключением режима перекрытия, в котором она может быть увеличена. Фаза ответа всегда из один период XBCLK перекрывает ФЗ и может продолжаться один или несколько периодов в зависимости от сигнала XWAIT.

Первичный задатчик получает управление магистралью после того, как вторичный снимает сигнал XBUSREQ. Задатчик входит в ФЗ цикла передачи по синхроимпульсу, следующему за концом цикла арбитража. В ФЗ задатчик возбуждает 26-разрядную шину адреса и шину управления, на которой определяет тип операции, адресное пространство и разрядность данных.

На магистрали возможны два типа операций: *чтение* и *запись*. При этом возможны одиночные передачи, при которых каждая пересылка данных сопровождается адресом, и блочные, при которых передача начального адреса сопровождается последовательными передачами блока данных. При этом исполнитель последовательно увеличивает адрес. Число пересылок при блочной передаче определяется длительностью сигнала XBTCTL.

При обращении к пространству межсоединений два старших

**Т а б л и ц а 7.22. Распределение сигналов магистрали LBXII
по контактам P2**

Вывод	Ряд А	Ряд В	Ряд С
1	0 В	XC3	0 В
2	+ 5 В	XC2	+ 5 В
3	Резерв	XC1	Резерв
4	Резерв	XC0	Резерв
5	XBTCSTL	XACCREQ	XLOCK
6	XAERR	0 В	XWAIT
7	XA00	XA01	XDERR
8	XA02	XA03	XA04
9	XA05	XA06	XA07
10	XA08	+ 5 В	XA09
11	XA10	XA11	XA12
12	XA13	XA14	XA15
13	XA16	XID2	XA17
14	XA18	XA19	XA20
15	XA21	XID1	XA22
16	XA23	XA24	XA25
17	XD00	XID0	XAPAR
18	XD01	XD02	XD03
19	XD04	XD05	XD06
20	XD07	0 В	XD08
21	XD09	XD10	XD11
22	XD12	XD13	XD14
23	XD15	XD16	XD17
24	XD18	+ 5 В	XD19
25	XD20	XD21	XD22
26	XD23	XD24	XD25
27	XD26	XD27	XD28
28	XD29	0 В	XD30
29	XD31	XDPAR	XBUSREQ
30	XRESET	XINT	XBUSACK
31	+ 5 В	Резерв	+ 5 В
32	0 В	XBCLK	0 В

разряда адреса XA14, XA15 должны иметь код 11, следующие разряды, XA13...XA11, определяют ИМ и могут иметь номер от 0 до 5, а разряды XA2...XA10 определяют номер регистра внутри модуля. Разряды XA0, XA1 должны иметь нулевое значение. В пространстве межсоединений блочные передачи не реализованы.

Фиксация ошибок производится в циклах передачи и идентифицируется на магистрали сигналами XAERR и XDERR. Сигнал XAERR фиксирует ошибки разрядности данных, продолжения, четности адреса магистрали, а также ситуацию, когда передача не понята. Сигнал XDERR фиксирует ошибки данных устройства и четности данных на магистрали.

3. Физическая реализация. Магистраль LBXII реализуется на 6-слойной объединительной печатной плате вместе с магистралью PSB и использует второй 96-контактный соединитель P2 типа МЭК 603-2 на модуле двойной высоты (233,4×220 мм). Распределение сигналов LBXII по контактам соединителя приведено в табл. 7.22. По шинам адреса XA и данных XD сигналы передаются в прямом коде (уровень лог. 0/1 соответствует коду 0/1). Все сигнальные линии, кроме XID и XBCLK, имеют на одном конце согласующие резисторы. Линии XID не имеют, а XBCLK имеют согласующие резисторы с двух сторон. Сигналы на магистрали имеют стандартные ТТЛ-уровни и вырабатываются формирователями с выходами ТТЛ, открытым коллектором или с тремя состояниями. Нагрузочные способности передатчиков — 20, 48 и 60 мА. Максимальное число модулей, объединяемых магистралью — 6.

7.3.8. Последовательная магистраль SSB

1. Общая организация. Магистраль SSB обеспечивает связь между сегментами или модулями интерфейса MBII через *двухпроводную шину* с частотой 2 МГц. Каждый сегмент может содержать подсистему из 20 или менее модулей, объединенных магистралями PSB и LBXII.

Магистраль может объединять до 32 узлов на расстоянии до 10 м. В качестве узла может использоваться сегмент или отдельный модуль магистрали PSB. Подключение к сегменту осуществляется посредством кабеля через повторитель, расположенный в ЦОМ. Повторители служат для уменьшения емкостной нагрузки на кабель со стороны объединительной платы. Подключение непосредственно к модулям производится с помощью линий SDA и SDB на объединенной печатной плате магистрали PSB.

Передача по магистрали сообщений обеспечивает многопроцессорную работу в нескольких сегментах, а также передачу диагностической информации между сегментами или модулями.

2. Логическая организация. Магистраль использует протокол множественного доступа с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов. Протокол разрешает узлам передавать данные всякий раз, когда они готовы. Когда узел образует сообщение для передачи, он вначале проверяет занятость магистрали. Если она занята, узел ждет, пока магистраль не освободится и не появится возможность работать в адресном пространстве интерфейса, после чего начинает передачу.

Передачу могут одновременно начать несколько узлов. При этом происходит так называемое столкновение или конфликт. Протокол обрабатывает подобные конфликты при помощи *детерминированного алгоритма разрешения конфликтов*, гарантирующего квант времени, в течение которого каждый узел может получить доступ без помех от других узлов.

Метод обеспечивает получение ответа в реальном времени, так что узлы могут разрешать свои конфликты за конечное время. Для

Т а б л и ц а 7.23. Линии магистрали SSB

Линии магистрали		Логическое состояние
SDA	SDB	
0	0	Столкновение Код 0 Код 1 Ожидание
0	1	
1	0	
1	1	

обнаружения ошибок передачи используется 16-разрядный циклический избыточный код, который формирует и контролирует передачу сообщений. Функции сигнальных линий магистрали SSB приведены в табл. 7.23.

3. Физическая реализация. Магистраль SSB конструктивно может включать две составляющие: кабель, объединяющий сегменты; линии SDA и SDB на объединительной печатной плате магистрали PSB. Кабель, который может содержать две витые пары, соединяет ЦОМ сегментов.

Сигналы вырабатываются схемами с открытым коллектором. Требования к кабелю являются обычными требованиями к линиям передачи. Общая длина кабеля не более 10 м. Для повышения надежности приемники могут содержать схемы фильтрации помех.

7.4. ИНТЕРФЕЙСНАЯ СИСТЕМА VME-bus

7.4.1. Общие сведения

Интерфейс VME-bus (Versabus Module Europe-bus), разработанный на основе документа Versabus (IEEE P-961), предназначен для построения модульных вычислительных систем (МВС), в основном использующих МП фирмы Motorola типов 6800, 68000, 68020. Интерфейс содержит три магистрали: две параллельные, VME, VMX, и последовательную VMS. Архитектура магистрали VME предусматривает отдельные 8- и 16-разрядные тракты данных и 16- и 24-разрядные тракты адреса в одном соединителе. При использовании второго соединителя на плате реализуются 32-разрядные тракты данных и адреса. В магистрали VME реализована многопроцессорная работа с четырьмя линиями арбитража и семью линиями прерывания.

Магистраль VMX использует оставшиеся контакты второго соединителя и имеет 32-разрядную шину данных и 24-разрядную мультиплексированную шину адреса. Магистраль VMX обеспечивает расширение локальной шины процессорного модуля на пять соседних мест объединительной платы, что позволяет процессору обращаться к дополнительной памяти без затрат времени на арбитраж и освобождает основную магистраль VME. Магистраль VME предусматривает также связь модулей памяти с контроллером ПДП. Имеется вариант магистрали MVMX32, предусматривающий мультиплексированную 32-разрядную шину адреса-данных.

Последовательная магистраль VMS с автоматическим арбитражем использует две линии для передачи данных и предназначена для обмена короткими и срочными сообщениями в системах с непосредственной связью и с гибко связанными процессорами. Магистраль VMS можно использовать для связи как в одном крейте, так и между процессорами в разных крейтах.

7.4.2. Организация магистрали VME

Магистраль имеет асинхронный протокол, отдельные шины адреса и данных, мультипроцессорные возможности. Арбитраж производится параллельно с передачами по магистрали. Специальный модуль — *системный контроллер* — содержит арбитра, системный генератор, аппаратуру инициализации и обнаружения отказов.

На магистрали выполняются четыре основные функции: передача данных, арбитраж, приоритетное прерывание и служебные. В со-

Т а б л и ц а 7.24. Линии магистрали VME

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Передача данных</i>		
Шина адреса	A01...A31	Передача адреса по 15, 23, 31-й линиям
Шина данных	D00...D31	Передача 8-, 16-, 32-разрядных данных
Модификатор адреса	AM0...AM5	Режим передачи
Запись	WRITE	Идентификация операции записи-чтения
Строб адреса	AS	Сопровождение адреса
Строб данных	DS0, DS1	Сопровождение данных
Длинное слово	LWORD	Идентификация передачи 32-разрядного слова данных
Подтверждение передачи	DTACK	Идентификация исполнителем приема данных при записи и действительности данных при чтении
Ошибка шины	BERR	Идентификация исполнителем ошибки и немедленного прекращения цикла
<i>Арбитраж</i>		
Запрос магистрали	BR0...BR3	Идентификация наличия запроса соответствующего уровня на захват магистрали
Предоставление магистрали	BG0IN... ...BG3IN, BG0OUT... ...BG3OUT	Входные и выходные сигналы «гирляндной» линии предоставления магистрали
Занятость магистрали	BBSY	Идентификация использования магистрали задатчиком
Очистка	BCLR	Указание текущему задатчику о наличии более приоритетного запроса
<i>Прерывание</i>		
Запрос прерывания	IRQ1...IRQ7	Запросы прерывания соответствующего уровня, 7 — высший
Подтверждение прерывания	IACK	Сигнал ответа от задатчика, обрабатывающего запросы прерывания
Подтверждение прерывания	IACKIN, IACKOUT	Входные и выходные сигналы «гирляндной» линии подтверждения прерывания

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Служебные</i>		
Сброс системы	SYSRESET	Общий сброс системы
Отказ питания	ACFAIL	Идентификация неисправности блока питания
Системный синхронизмпульс	SYSCLK	Сигнал с частотой 16 МГц для синхронизации модулей
Сбой системы	SYSFAIL	Генерируется модулем системы для индикации сбоя

ответствии с выполняемыми функциями выделены четыре группы шин. Наименования, сокращенные обозначения и назначение сигналов на магистрали приведены в табл. 7.24.

Наличие 31-разрядной адресной шины и двух стробов данных обеспечивает прямую адресацию 4 Гбайт памяти. Шесть разрядов *модификатора адреса (МА)* позволяют задатчику передавать исполнителю дополнительную информацию. Для большинства исполнителей нет необходимости работать в полном пространстве памяти и дешифровать 31-разрядный адрес. Поэтому на интерфейсе определены три адресации: короткая (64 Кбайт), стандартная (16 Мбайт) и расширенная (4 Гбайт). Исполнители, принимающие код МА при стандартной адресации, игнорируют старшие 8 адресных линий, при короткой адресации — старшие 16 адресных линий. Исполнители, не дешифрирующие старшие адресные линии, не отвечают на коды МА при расширенной адресации.

Исполнители в системе могут отвечать на единственный код МА. При наличии в системе нескольких задатчиков каждому из них может быть присвоен код МА, который используется при обращении группой исполнителей. Это обеспечивает возможность расчленения системы и предохранения ее от отказа при сбое одного задатчика.

Исполнители могут выдавать ответ по разным адресам в зависимости от получаемого кода МА. Это дает возможность задатчику размещать коды системных устройств в пространстве памяти (в определенных участках пространства) или исключать их заданием различных кодов МА. Исполнители могут некоторым МА отвечать, в другим — нет, что позволяет установить несколько уровней привилегии. Каждый задатчик при обращении к исполнителю может указывать МА свой уровень привилегии. Если исполнитель принимает неподходящий код МА, то он не отвечает.

В табл. 7.25 приведены возможные коды МА, при этом они подразделены на категории в зависимости от того, определены ли они интерфейсом VME, пользователем или резервируются. *Коды, определяемые интерфейсом*, предназначены для специальных целей. Четыре кода МА могут использоваться для указания специального типа цикла передачи — *цикла с последовательным доступом*. Если один из них передается в шину, то модуль памяти системы автоматически помещают адрес в счетчик и затем при передаче каждого байта, слова или двойного слова соответствующим образом увеличивают его значение. Коды МА могут использоваться в качестве селекторов

Таблица 7.25: Коды МА магистрали VME

Шестнадцатеричный код МА	Функция	Шестнадцатеричный код МА	Функция
3F	Ст, Првл, Псл	20...28	Резервные
3E	Првл, Прог	10...1F	Определяется пользователем
3D	Ст, Првл, Данн	0F	Расш, Првл, Псл
3C	Резервный	0E	Расш, Првл, Прог
3B	Ст, НП, Псл	0D	Расш, Првл, Данн
3A	Ст, НП, Прог	0C	Резервный
39	Ст, НП, Данн	0B	Расш, НП, Псл
2E...38	Резервные	0A	Расш, НП, Прог
2D	Кор, Првл, ВВ	09	Расш, НП, Данн
2A...2C	Резервные	00...08	Резервные
29	Кор, НП, ВВ		

Примечание. Ст — стандартная адресация; Кор — короткая адресация; Расш — расширенная адресация; Првл — привилегированный доступ; НП — непривильгированный доступ; Псл — последовательный доступ; Прог — программа; Данн — данные; ВВ — ввод-вывод.

регистра сегмента при динамическом распределении памяти. В этом случае задатчик подает в шину коды МА, которые указывают схеме управления памятью, какой именно набор регистров сегмента должен использоваться.

Коды, определяемые пользователем, могут применяться в любых целях, указанных выше (например, для разбиения системы, управления распределением памяти, защиты памяти и т. д.). Коды, отмеченные как *резервные*, использовать запрещается. Они предназначены для последующего развития системы.

В зависимости от выбранного режима на интерфейсе могут передаваться три типа данных: байт, слово (2 байта) и двойное слово (4 байта). Байт передается по линиям D00...D07 или D08...D15, слово — только по линиям D00...D15, а двойное слово — по линиям D00...D31

При выполнении операции передачи задатчик вначале запрашивает у арбитра, расположенного в системном контроллере, разрешение на использование шины данных. При получении разрешения арбитра задатчик организует выполнение операции на магистрали. Временная диаграмма операции чтения байта показана на рис. 7.8. В начале цикла адрес подается на соответствующие линии A01...A31, а код МА — на линии A00...A05. Отсутствие сигнала на линии LWORD означает, что ведется передача менее 32 бит. После установления адресной информации задатчик возбуждает линию AS. Исполнитель, принимая сигнал AS, сравнивает адрес на магистрали с предварительно ему назначенным. При совпадении адресов и отсутствии ошибок исполнитель начинает выборку данных, подлежащих передаче. Затем задатчик устанавливает сигнал на линии DS0, указывая, что передается нечетный байт слова, и ожидает, пока исполнитель не подтвердит факт передачи. При обнаружении недопустимой передачи или внутренней ошибки исполнитель прерывает цикл, формируя сигнал на линии BERR. При нормальной работе исполнитель под-

ключает выбранные данные к линиям D00...D07 и затем формирует сигнал на линии DTACK. Задатчик, приняв данные с магистрали, снимает сигнал с линии DS0, сообщая исполнителю о завершении им цикла. Исполнитель отключает данные от линий данных и снимает сигналы DTACK или BERR.

Временная диаграмма цикла записи аналогична чтению, отличаясь тем, что задатчик одновременно с возбуждением адресных линий устанавливает сигнал на линии WRITE, а перед установкой stroba данных возбуждает линии данных.

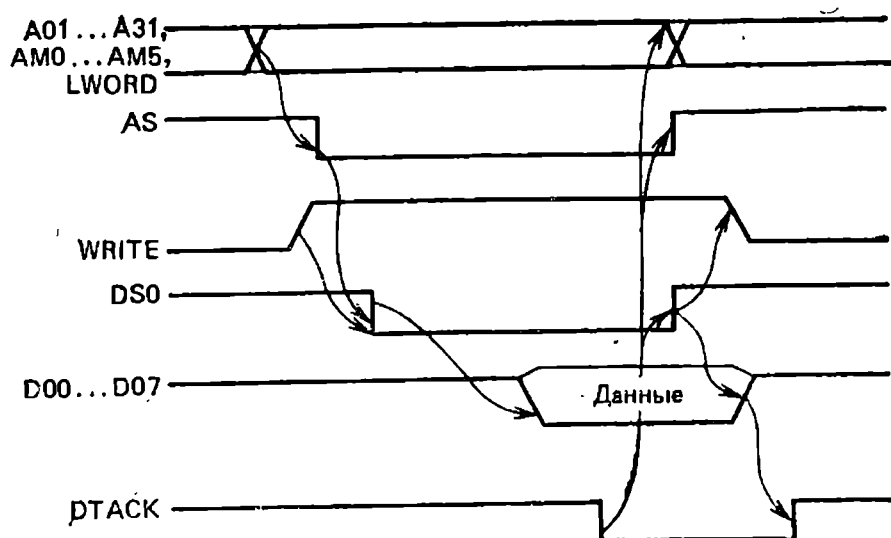


Рис. 7.8. Диаграмма чтения байта VME

Цикл «чтение-модификация-запись» используется для выполнения семафорных операций и похож на выполнение подряд двух циклов чтения и записи. Отличие состоит в том, что для цикла записи не формируется адрес и в течение обоих циклов передачи установлен сигнал AS. Цикл «чтение-модификация-запись» не может быть прерван более приоритетными задатчиками.

Цикл последовательного доступа выполняется при передаче блока данных с последовательными адресами. Задатчик инициирует цикл обычным образом, устанавливая для режима последовательного доступа соответствующий код MA. Все исполнители последовательного доступа фиксируют адрес в счетчиках адреса. После первой передачи данных задатчик оставляет возбужденной линию AS до завершения всех передач. В ответ на сигналы DTACK, поступающие от исполнителя, задатчик циклически формирует stroбы данных, что и обеспечивает передачу данных от последовательных ячеек памяти исполнителя или к ним. После обращения к очередной ячейке исполнитель увеличивает содержимое счетчика адреса от фронта stroба данных и дешифрирует конечное значение счетчика адреса, чтобы убедиться, что оно попадает в границы адресуемого исполнителем пространства памяти. Блок последовательно расположенных ячеек памяти может включать границу между двумя модулями памяти, либо ячейки памяти могут чередоваться для обеспечения более быстрого доступа к памяти. Последовательный доступ не может быть

прерван более приоритетным задатчиком, так как возбужден сигнал AS.

Арбитр может работать в одном из трех режимов: с фиксированным приоритетом, циклическим приоритетом или обслуживания единственного уровня. В режиме с фиксированным приоритетом каждой линии запроса магистрали присваивается фиксированный приоритет, от высшего BR3 до низшего BR0. В режиме циклического приоритета, аналогично используемому в И-41, после обслуживания очередного запроса ему присваивается низший приоритет. В режиме обслуживания единственного уровня обслуживаются только запросы на линии BR3.

Арбитр принимает запросы по четырем линиям запроса магистрали BR0...BR3, которые возбуждаются ШФ с открытым коллектором, поэтому несколько задатчиков могут совместно использовать общую линию запроса. Каждой из линий запроса соответствует линия предоставления магистрали (BG0IN/OUT...BG3IN/OUT). Если в момент приема запроса магистраль находится в незанятом состоянии, то арбитр немедленно отвечает выдачей сигнала по линии предоставления магистрали, соответствующей уровню ожидаемого запроса. Когда текущий задатчик освобождает магистраль, арбитр отвечает на запрос высшего приоритета, возбуждая соответствующую ему линию предоставления магистрали. На шине имеется *встроенный вторичный уровень приоритетного управления*. Сигналы предоставления магистрали формируются «гирляндным» способом так, что задатчикам, использующим совместно общую линию запроса, назначаются приоритеты в соответствии с местоположением модуля. Ближайший к первой ячейке задатчик имеет наивысший приоритет.

Шина разрешения конфликтных ситуаций состоит из шести объединенных линий и четырех разомкнутых — цепочечных, или «гирляндных», линий. Входные сигналы каждого задатчика обозначаются как входные линии предоставления магистрали BGXIN, а выходные сигналы — как BGXOUT (далее в тексте BRX, BGXOUT используются для обозначения линий запроса и предоставления магистрали, при этом X может принимать значение от нуля до трех). Линии BGXOUT, выходящие из модуля места N, входят в место N+1 как линии BGXIN.

Задатчик возбуждает сигналы на одной из линий BR0...BR3, на выходных линиях BG0OUT..BG3OUT и на линии занятости магистрали BBSY. Если задатчик не использует какие-либо уровни запросов или в ячейку не установлена плата, то необходимо с помощью кроссировочных проводов обеспечить обход этой ячейки «гирляндными» сигналами предоставления магистрали. Арбитр возбуждает сигналы на линиях BCLR и BG0IN...BG3IN.

«Гирляндная» структура позволяет использовать *два уровня приоритетного управления* для доступа к магистрали. Приоритетное управление четырех линий запроса устанавливается таким образом, что арбитр предоставляет магистраль запросу высшего уровня в зависимости от избранного режима приоритетного управления (фиксированного или циклического). В пределах данного уровня приоритетное управление выполняется с помощью «гирляндной» схемы. Ближайший к арбитру модуль имеет наивысший приоритет, который будет убывать по мере удаления модулей по «гирлянде». При этом арбитр должен располагаться в ячейке 1.

Как только задатчик захватывает управление магистралью, он возбуждает сигнал BBSY. До тех пор, пока задатчик не снимет сигнал BBSY, у него невозможно отобрать управление магистралью.

Линию BCLR использует арбитр в режиме фиксированного приоритета для указания задатчику, владеющему магистралью, что в состоянии ожидания находится запрос с наивысшим приоритетом.

Задатчик принимает входной сигнал предоставления магистрали требуемого уровня и начинает цикл работы с магистралью. Если магистраль ему не нужна, то входной сигнал предоставления магистрали транслируется на выход. В простейшем режиме («Освободить после выполнения») сигнал на линии BBSY снимается, как только задатчик заканчивает цикл работы с магистралью. В системах, где требуется достичь максимальной скорости передачи данных, применяется другой режим («Освободить по запросу»), при котором задатчик сохраняет управление четырьмя линиями запроса после окончания очередного цикла и снимает сигнал с BBSY только тогда, когда в ожидании находится следующий запрос магистрали. Использование режима «Освободить по запросу» снижает число разрешений конфликтных ситуаций, инициируемых задатчиком.

Задатчики формируют и принимают сигналы ACFAIL и BCLR. Оба эти сигнала информируют задатчик о том, что уже имеется другое требование на шину, приоритет которого выше, чем у данного задатчика. Получив сигнал BCLR, задатчик определяет, как долго он будет владеть магистралью.

Сигнал ACFAIL свидетельствует об обнаружении отказа в источнике питания переменного тока. В этом случае в распоряжении задатчика имеется 200 мкс на освобождение магистрали. Обычно этого достаточно для нормального завершения работы.

На рис. 7.9 показана временная диаграмма арбитража, когда два задатчика одновременно посылают арбитру запросы магистрали

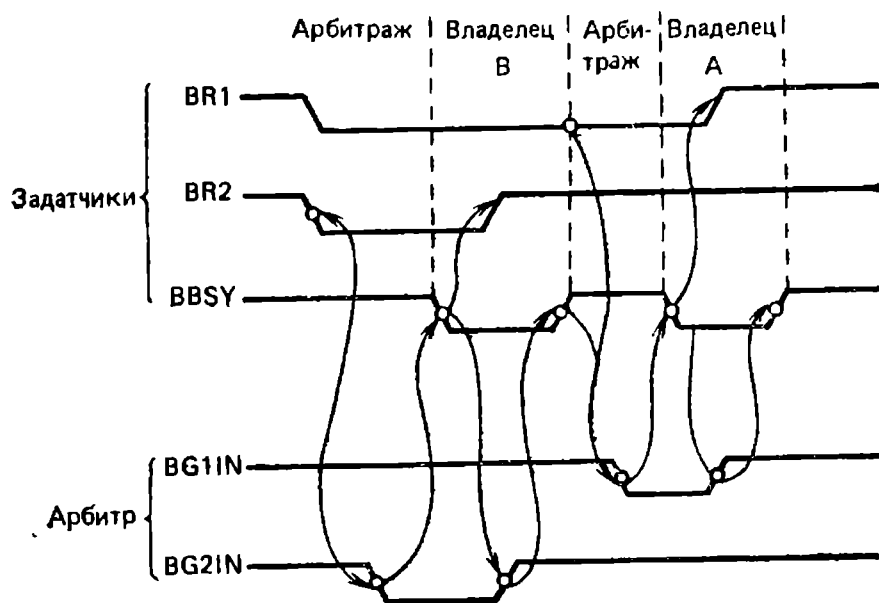


Рис. 7.9. Арбитраж при запросах по разным линиям VME

по разным линиям запроса. В начале этой последовательности каждый из задатчиков формирует сигнал на соответствующей линии запроса (здатчик А — на линии BR1 и задатчик В — на линии BR2). Если арбитр обнаруживает сигналы BR1 и BR2 одновременно, он

возбуждает сигнал BG2IN, поскольку у сигнала BR2 приоритет выше. Задатчик В, получив сигнал BG2IN, реагирует на него формированием сигнала BBSY. Затем он освобождает линию BR2 и начинает цикл работы с магистралью. Арбитр после обнаружения сигнала BBSY снимает сигнал BG2IN. Сигнал BBSY и сигнал предоставления магистрали взаимно блокируют друг друга (в частности, арбитру запрещается снимать сигнал предоставления магистрали, пока он не обнаружит установленным сигнал BBSY).

Если задатчик В завершает свои операции по передаче данных, он снимает сигнал BBSY спустя 30 нс после освобождения BR2. Эта 30-наносекундная задержка гарантирует, что арбитр не будет интерпретировать прежний сигнал BR2 как другой запрос.

Сброс сигнала BBSY арбитр рассматривает как информацию о том, что следует разрешать конфликт между запросами к магистрали. Поскольку возбужден сигнал BR1, арбитр предоставляет доступ к магистрали задатчику А, возбуждая сигнал BG1IN. Задатчик А отвечает возбуждением сигнала BBSY.

Система прерываний интерфейса VME позволяет строить как подсистемы с одним обработчиком прерываний в супервизорном процессоре, так и распределенные системы, имеющие два и более процессоров, принимающих и обслуживающих прерывания магистрали. В процессе генерации и обработки прерываний участвуют шины передачи данных, арбитража и приоритетного прерывания.

Система прерывания содержит блоки двух типов: обработки прерывания (БОПР) и прерывания (БПР). БОПР предназначен для назначения приоритетов запросам прерываний (ЗПР), организации занятия магистрали, считывания байта состояния из БПР и инициирования последовательности операций обслуживания прерывания. БПР предназначен для ЗПР у БОПР, обеспечения установки байта состояния после получения подтверждения своего ЗПР и трансляции сигнала по «гирляндной» линии, если он не запрашивает соответствующий уровень прерывания.

Шина прерываний состоит из семи сигнальных линий ЗПР IRQ1...IRQ7, одной цепочечной сигнальной линии IACKIN/IACKOUT и одной линии подтверждения прерываний IACK. В системе с одним БОПР эти линии ЗПР упорядочены по приоритетам, причем высший приоритет имеет линия IRQ7.

Линия IACK проходит по всей длине шины и соединяется с выводом IACK1 первой ячейки А1. При возбуждении на ней сигнала она инициирует возбуждение сигналов вдоль цепочечной схемы подтверждения прерывания.

Каждую из линий ЗПР могут использовать два и более БПР. Поэтому должен применяться способ, гарантирующий подтверждение запроса только одного БПР. Эту функцию выполняет цепочечная линия подтверждения прерывания. Эта линия проходит через каждую плату. Когда прерывание подтверждено, в ячейке 1 возбуждается сигнал IACK1. Каждый модуль, возбуждающий сигнал на линии ЗПР, обязан ожидать прихода сигнала подтверждения. Модуль, принимающий подтверждение, не пускает сигнал подтверждения далее по цепи, тем самым гарантируя, что только один модуль получит подтверждение.

Блок обработки прерываний использует шину данных для чтения байта состояния из БПР; БОПР действует как задатчик, а БПР — как исполнитель.

Обычная последовательность действий при прерывании может быть поделена на три фазы: запрос (промежуток времени от момен-

та, когда БПР возбуждает лог. 0 на линии ЗПР, до момента, когда управление шиной данных захватывает БОПР), подтверждение (промежуток времени, в течение которого БОПР занимает шину данных для чтения байта состояния) и обслуживание прерывания (промежуток времени, который требуется для выполнения определенных программ обслуживания прерывания).

Если всеми семью линиями ЗПР управляет один БОПР, им назначаются приоритеты (высший приоритет имеет линия IRQ7), и, когда на двух линиях ЗПР обнаруживаются одновременные запросы, первым считается байт состояния запроса с более высоким приоритетом.

В системе с распределенной обработкой прерываний может содержаться до семи БОПР. Имеется две категории таких систем, в состав которых входит либо семь, либо от двух до шести БОПР. Каждой из линий ЗПР может управлять отдельный БОПР. Каждый БОПР обязан захватить управление шиной передачи данных до того, как он прочитает байт состояния из БПР, возбуждая при этом собственную линию ЗПР. В случае, когда одновременно возбуждаются два сигнала на линиях ЗПР, результатом разрешения конфликтной ситуации может быть последовательность операций, отличающаяся от применяемой в системах с одним БОПР.

Служебные сигналы обеспечивают периодическую выдачу системных синхронимпульсов, а также выполняют инициализацию и сигнализацию об отказах. Синхронимпульс SYSCLK с частотой 16 МГц и скважностью два вырабатывается системным контроллером. Его можно использовать для генерации задержек внутри модулей или для выполнения функций, связанных с синхронизацией событий. Сигнал SYSRESET вырабатывается в блоке управления питанием или ручным переключателем с пульта оператора схемой с открытым коллектором. Сигнал SYSFAIL возбуждается при выполнении модулями тестов самодиагностики после включения питания или при обнаружении модулем отказа в ходе работы. Если на входе самодиагностики обнаруживается отказ, линия отказа системы остается возбужденной. Если отказов нет, то после завершения тестирования сигнал с линии снимается.

Блок управления питанием вырабатывает сигнал на линии отказа питания ACFAIL при понижении напряжения сети или в случае ухода напряжений постоянного тока за допустимые границы.

7.4.3. Организация магистрали VMX

Магистраль имеет 32-разрядную шину данных и 24-разрядную шину адреса. Два строба данных дают возможность производить передачи старших или младших байтов. Адресный тракт мультиплексируется по 12 линиям, причем эти два строба служат также признаками того, какие разряды адреса в данный момент передаются по шине — младшие или старшие 12 разрядов. Линии признака ошибки данных или квитанции-подтверждения передачи данных служат для завершения цикла обмена данными.

К одной магистрали максимально могут подключаться шесть соседних модулей. Каждый из устанавливаемых модулей может работать в качестве задатчика (первичного или вторичного), а также исполнителя. *Первичный задатчик* — это, как правило, центральный процессор, которому помимо памяти, размещаемой на его собственной плате, требуется еще дополнительная. Первичный задатчик управляет магистралью и контролирует доступ со стороны вторично-

го задатчика к исполнителям. Первичный задатчик также инициирует цикл шины и выдает на шину младшие разряды адреса и управляющие сигналы, прежде чем решить, будет ли производиться передача данных по VMX- или VME-шине или использоваться память самой платы. Перед выдачей старших разрядов адреса на мультиплексированные линии шины задатчик может отменить цикл VMX-шины (это называется аннулированием цикла) и обратиться к ресурсам своей платы или к VME-шине.

При передачах между задатчиками и памятью исполнителя используется *схема с выдачей упреждающего сигнала подтверждения* и последующего сигнала ошибки данных. Предполагая, что данные на шине будут действительными, можно выдавать подтверждение до завершения всех операций управления, чтобы избежать временных затрат на выдачу подтверждений, свойственных типичным центральным процессорам. Сигнал ошибки данных DERR может следовать за сигналом подтверждения ACK, если схема обнаружения ошибок установит наличие ошибки. Для обеспечения совместимости между всеми модулями каждый исполнитель должен выдавать сигналы

Т а б л и ц а 7.26. Линии магистрали VMX

Наименование	Обозначение	Назначение
Адрес	A01/A13.. A11/A23	Мультиплексированная шина адреса
Длинное слово	LWORD/A12	Мультиплексированная линия указателя 32-разрядного слова данных
Данные	DB00...DB31	Шина данных
Строб адреса	LAS, UAS	Сопровождение адреса
Строб данных	LDS, UDS	Сопровождение данных
Чтение	READ	Идентификация операции чтения-записи
Подтверждение передачи	ACK	Идентификация исполнителем приема данных при записи и готовности данных при чтении
Ошибка данных	DERR	Идентификация исполнителем ошибки
Запрос магистрали	SMRQ	Идентификация наличия запроса магистрали
Подтверждение передачи	SMACKIN SMACKOUT	Входные и выходные сигналы подтверждения передачи вторичному задатчику
Запрос прерывания	IR	Идентификация запроса прерывания
Блокировка	LOCK	Признак захвата порта памяти и блокировки обращения от других портов

«данные действительны» или DERR с задержкой менее 1 нс по отношению к сигналу подтверждения ACK.

Для повышения собственной эффективности исполнитель применяет примерно тот же способ, что и главный абонент для повышения эффективности работы.

Наименования, сокращенные обозначения и назначение сигналов на магистрали приведены в табл. 7.26. Функции сигналов аналогичны магистрали VME.

7.4.4. Организация магистрали VMS

Магистраль обеспечивает *передачу сообщений*, необходимых для работы многопроцессорных систем, и является эффективным дополнением магистрали VME. При определенных условиях ее целесообразно использовать при построении отказоустойчивых систем и для выполнения функций типа семафора, широковещательных передач и одновременного опроса. При реализации на стандартной объединительной плате VME скорость передачи данных в магистрали VMS составляет 3,2 Мбит/с. При межкрейтовой связи необходимо уменьшить частоту синхронизации.

Магистраль VMS представляет альтернативу системной магистрали: ее можно использовать для сброса или отключения модуля, нарушающего работоспособность системной шины, или, наоборот, системную магистраль можно использовать для сброса или отключения модуля, нарушающего работоспособность магистрали VMS.

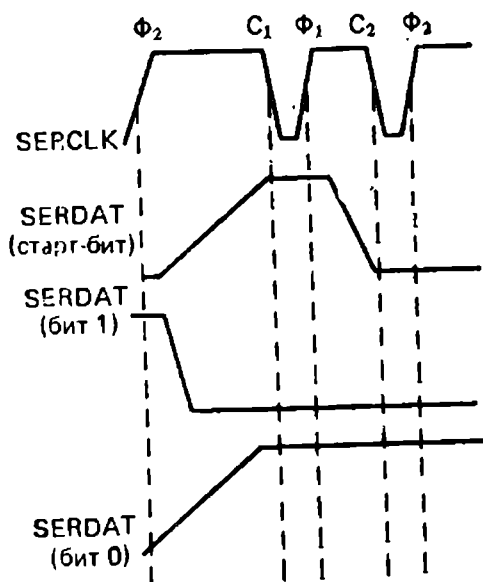


Рис. 7.10. Сигналы последовательной магистрали VMS

перепада на бит данных, передаваемый по линии SERDAT. Это сделано для того, чтобы старт-бит, которым начинается каждый кадр сообщения, можно было отличать от данных.

Сарт-бит устанавливает на SERDAT лог. 1 по фронту Φ_2 и лог. 0 по фронту Φ_1 . При передаче битов данных формирование сигнала в линии происходит всегда по фронту Φ_2 , а опрос линии приемником — по срезу C_1 . Кадр состоит из заголовка и содержательной части. Заголовок посылается модулем-отправителем заго-

ловка, который в сочетании с модулем контроля кадров используется для инициирования операций, связанных с участием модулей, находящихся в произвольных местах магистрали. Заголовок принимается модулем-приемником заголовка, который управляет связанным с ним модулем-источником или модулем-приемником данных.

Заголовок содержит 25 разрядов, следующих за старт-битом. Первые три разряда — поле приоритета сообщений. Затем следуют два 10-разрядных адресных поля: источника S и приемника R. Заканчивается заголовок двумя одноразрядными полями: разрешения арбитража источника данных, которое при одновременной работе нескольких источников определяет, реализуется ли логическое ИЛИ данных или передача наибольшего значения, и разрешения отправителя заголовка, которое обеспечивает возможность выхода его из арбитража магистрали.

Заголовок не содержит кода операции, обозначающего функцию кадра, которая определяется кодами R и S и контрольными приемниками заголовка.

Арбитраж происходит в процессе передачи кадра. Здесь не предусматриваются отдельные сигнальные линии или периоды времени, в течение которых модули получают право управления магистралью. Если отправителю заголовка нужно начать передачу, когда кадр уже передается, то он ждет окончания текущего кадра. Если в данный момент кадр не передается, несколько отправителей заголовков могут одновременно выдать старт-бит на шину. Когда отправители начинают выдавать последующий подкадр заголовка, каждый из них формирует на линии SERDAT сигнал лог. 0 (бит 1) или лог. 1 (бит 0) по фронту Ф2 синхросигнала SERCLK, а потом опрашивает линию SERDAT по срезу С1.

Здесь могут быть три случая. Если на линии SERDAT была установлена лог. 1 по фронту Ф2 и воспринята лог. 1 по срезу С1, то модуль-отправитель заголовка переходит к следующему биту. Если на линии SERDAT был сформулирован лог. 0 по фронту Ф2 и воспринят лог. 0 в момент С1, то модуль переходит к следующему биту. Если на линии SERDAT была установлена лог. 1 в момент Ф2 и воспринят лог. 0 в момент С1, это значит, что отправитель заголовка потерял право управления последовательной шиной. Он прекращает передачу, ждет завершения кадра и только затем делает новую попытку. Такой способ арбитража гарантирует, что одно из нескольких конкурирующих сообщений всегда будет передаваться по магистрали.

После заголовка следует *3-разрядный код типа кадра*. Поскольку функцию кадра сообщения определяют адреса S и R, передаваемые в заголовке, тип кадра указывает общую функцию, которая будет выполнена. Коды типа кадра делятся на три категории. При коде 000 ни один из источников данных не выбирается. Кадры используются только для установки или сброса триггера, который связан с приемником заголовка, выбираемым при помощи либо поля S, либо R, либо обоих полей. Этот тип операции может просто менять состояние, выходов или семафоров. При кодах 001...110 источник данных выбирается при помощи поля S. Функция кадра состоит в том, чтобы послать данные приемнику данных, выбранному при помощи поля R. Значение кода, посылаемое источником данных, показывает, сколько байт будет передаваться: 1, 2, 4, 8, 16 или 32. При коде 111 некоторые из выбранных модулей шины не готовы к обработке кадра. За полем типа кадра могут следовать 8...256-разрядное поле данных, трехразрядное поле состояния и бит обнаружения

затора. Кадр типа 111 не имеет поля состояния кадра. В кадрах типа 001—110 за кодом типа следует поле данных, за которым следует состояние кадра. В кадре типа 000 состояние кадра следует непосредственно за кодом типа кадра. *Поле состояния кадра* используется для индикации особых состояний, связанных с выбором модулей при помощи полей S и R. Поле состояния может указывать на такие ошибки, как выбор источника данных без их приемника или, наоборот, посылка источником поля данных, более длинного, чем может обработать приемник, а также выбор более чем одного источника данных с неправильно заданным количеством посылаемых данных.

Каждый кадр заканчивается *битом обнаружения затора*, который предотвращает нарушение синхронизации кадров. Как правило, на этой линии — уровень лог. 1 (бит 0). Если какой-либо модуль контроля кадров обнаруживает в рамках кадра старт-бит, он немедленно выдает на линию SERDAT 512 битовых сигналов лог. 0 (бит 1). Поскольку максимальный возможный размер кадра составляет 286 бит, 512 последовательных единиц, безусловно, захватят бит обнаружения затора текущего кадра. Все модули проигнорируют кадр, который заканчивается битом обнаружения затора, равным 1. Передаваемая последовательность обеспечит также вхождение в синхронизацию всех отправителей заголовков.

Поле приоритетности сообщений служит для подразделения сообщений на восемь уровней приоритета при использовании в схеме предоставления доступа к последовательной шине. Это поле можно запрограммировать таким образом, что оно будет обозначать начальный или исходный приоритет сообщения для подсистемы последовательной шины. Такой подход позволяет свести к минимуму потери от многократного аннулирования кадров.

Модули на шине VMS можно комбинировать многочисленными способами, реализуя различные функции и операции. В простейшем случае можно управлять триггером на другой плате. Когда отправитель заголовка посылает подкадр заголовка с кодом выбора приемника заголовка в поле S, устанавливается соответствующий триггер. Когда отправитель заголовка посылает тот же самый код в поле R, этот триггер сбрасывается. Если отправитель заголовка размещается на одной плате с процессором в отказоустойчивой системе, данную конфигурацию можно использовать для отключения неисправной платы от магистрали VME.

При реализации семафора исполнительная программа процессора выдает сигнал аппаратным средствам последовательной шины, расположенным на плате, когда ей требуется системный ресурс, связанный с конкретным семафором. Если этот семафор уже установлен, копия программы на плате запрещает отправителю заголовка посылать заголовок до тех пор, пока семафор не будет сброшен. Адрес семафора указывается в поле S заголовка, а уникальный код источника запроса — в поле R. Указание кода источника запроса гарантирует, что в каждый момент времени только один процессор будет устанавливать семафор.

Когда аппаратный модуль устанавливает семафор, он сообщает об этом процессору при помощи сигнала прерывания или кода состояния. Затем процессор использует соответствующий системный ресурс. Когда процессор освобождает ресурс, он уведомляет об этом отправителя заголовка, который посылает кадр для очистки всех копий этого семафора. Тем самым другие процессоры получают возможность еще раз обратиться к этому семафору.

Используя многоуровневую адресацию в сочетании со средствами одновременного опроса, можно, например, для определения состояния группы датчиков опросить все датчики, датчики указанной зоны или какой-то конкретный датчик. Этот же принцип можно применить для выполнения операций без данных, например для установки и сброса триггеров. Так, если в отказоустойчивой системе обнаруживается неисправность магистрали VME, можно послать кадр, обеспечивающий отключение всех задатчиков, конкретного задатчика, либо всех плат, изготовленных конкретным изготовителем.

Поскольку приемники данных могут существенно различаться по скорости, с которой они могут принимать, обрабатывать данные и подготавливаться к поступлению новых данных, магистраль предусматривает *асинхронную работу на уровне сообщений* во избежание напрасных затрат времени на передачу аннулированных кадров.

Для решения проблемы переполнения при работе с медленными приемниками данных используется *аннулирование кадров* (тип кадра 111). Если приемнику требуется большое время для обработки данных, то используется кадр ответа, показывающий, что он обработал предыдущие данные и готов к приему новых.

Т а б л и ц а 7.27. Назначение контактов соединителя P1 интерфейса VME

Контакт	Цепи		
	A	B	C
1	D00	BBSY	D08
2	D01	BCLR	D09
3	D02	AGFAIL	D10
4	D03	BG0IN	D11
5	D04	BG0OUT	D12
6	D05	BG1IN	D13
7	D06	BG1OUT	D14
8	D07	BC2IN	D15
9	GND	BG2OUT	GND
10	SYSCLK	BG3IN	SYSFAIL
11	CND	BG3OUT	BERR
12	DS1	BR0	SYSRESET
13	DS0	BR1	LWORD
14	WRITE	BR2	AM5
15	GND	BR3	A23
16	DTACK	AM0	A22
17	GND	AM1	A21
18	AS	AM2	A20
19	GND	AM3	A19
20	IACK	GND	A18
21	IACKIN	SERCLK	A17
22	IACKOUT	SERDAT	A16
23	AM4	GND	A15
24...30	A07...A01	IRQ7...IRQ1	A14...A08
31	+ 12 B	+ 5 B	+ 12 B
32	+ 5 B	+ 5 B	+ 5 B

7.4.5. Физическая реализация магистралей интерфейса VME-bus

Магистралы интерфейса реализованы на многослойной объединительной печатной плате, в каждом месте которой, предназначенном для установки модуля, имеется по два 96-контактных трехразрядных соединителя P1 и P2 типа МЭК 603—2. На обоих концах сигнальных линий (кроме «гирляидных») в объединительной печатной плате установлены согласующие резисторные делители (330 Ом на +5 В, 470 Ом на землю). Модули используют платы Евromеханики 100×160 мм (Е1) или 233,35×160 мм (Е2). Одинарные модули Е1 используют только соединитель P1 и могут работать максимум с 24-разрядным адресом и 16-разрядными данными. Двойные модули Е2, использующие соединители P1 и P2, могут работать с 32-разрядным адресом и данными. Распределение сигналов по контактам основного соединителя P1 показано в табл. 7.27. В соединителе P2 средний ряд контактов В использует магистраль интерфейса VME. Распределение сигналов по контактам этого ряда показано в табл. 7.28. Ряды А и С соединителя P2 могут быть использованы для сиг-

Т а б л и ц а 7.28. Назначение контактов соединителя P2 интерфейса VME

Кон- такт	Сигнал VMX		Сигналы VME
	А	С	В
1...16	DB00... DB30*	DB01... DB31**	A24...A31, D16...D18***
17	READ	RES	D19
18	IRQ	RES	D20
19	LWORD/A12	RES	D21
20	A02/A14	A01/A13	D22
21	A04/A16	A03/A15	D23
22	A06/A18	A05/A17	GND
23	A08/A20	A07/A19	D24
24	A10/A22	A09/A21	D25
25	RES	A11/A23	D26
26	RES	LAS	D27
27	RES	UAS	D28
28	RES	UDS	D29
29	RES	LDS	D30
30	RES	DERR	D31
31	SMACKIN	ACK	GND
32	SMRQ	SMACKOUT	+5В

* Четные.

** Нечетные.

*** B1, B13 — +5 В; B2, B12 — GND; B3 — резерв.

налов пользователя или для реализации магистралей VMX или MVMX32. Нагрузочная способность передатчиков — 48 мА. Максимальное число модулей, объединяемых магистралью VME, равно 20. Шаг модулей на объединительной плате — не менее 20,32 мм. Максимальная высота элементов на модуле — 15,24 мм.

7.5. ИНТЕРФЕЙС VAXBI

7.5.1. Общие сведения

Интерфейс VAXBI (именуемый также *VBus*) предназначен для построения систем на основе процессоров типа VAX фирмы DEC. Интерфейс реализует *синхронный протокол*, использует распределенный арбитраж, 32-разрядную мультиплексированную шину адреса и данных и общее адресное пространство памяти и ВВ (512 Мбайт пространства памяти и 512 Мбайт пространства ВВ).

Данные передаются блоками по 4, 8 или 16 байт. По магистрали (в зависимости от физической реализации устройств) могут передаваться 8-, 16- или 32-разрядные данные. Тактовая частота магистрали — 5 МГц. Максимальная скорость передачи 16-байтовых блоков — 13 Мбайт/с, 4-байтовых — 6,6 Мбайт/с.

7.5.2. Логическая организация

Интерфейс (табл. 7.29) обеспечивает соединение до 16 узлов, каждый из которых может содержать один или несколько модулей. Имеется *три основных типа узлов*: процессорный, памяти и адаптер. Процессорные узлы исполняют команды, осуществляют доступ к памяти и адаптерам. Узлы памяти хранят команды и данные для процессоров и адаптеров. Адаптеры обмениваются данными с памятью и управляются процессорами. Имеется три типа адаптеров: массовой памяти (осуществляют быстросействующие передачи между узлами памяти); магистралей (осуществляют связь с интерфейсом *Unibus* и памятью других процессоров VAX); локальной связи через интерфейс между модемами и терминалами систем на VAXBI.

Основные функции магистрали реализует размещаемая в каждом узле 133-контактная *интерфейсная БИС (BIIC)*, которая осуществляет операции арбитража и передач, самодиагностику модулей после включения питания и контроль по четности передач, а также прием информации от внутренних схем контроля модулей, имеющих визуальные индикаторы ошибок. На магистрали реализованы операции для кэш-памяти в мультипроцессорном режиме.

Пространство памяти занимает младшую половину адресного пространства (512 Мбайт). Информация в ходе вычислений может храниться в кэш-памяти процессорных узлов и использоваться без физического обращения к пространству памяти. Старшие 512 Мбайт адресного пространства занимает *пространство ВВ*, разделенное на фиксированные блоки.

Первые 16 блоков по 8 Кбайт являются пространством адресов, отведенных каждому из 16 узлов магистрали, и используются для адресации регистров. Младшие 256 байт каждого блока содержат регистры, управляемые BIIC. Следующий блок объемом 128 Кбайт является многоцелевым рабочим пространством и зарезервирован для последующего использования. Блок объемом 3,75 Мбайт является скрытым индивидуальным пространством и применяется при начальной загрузке микропрограмм и программ. Узлам магистрали запрещено производить передачи информации в этом пространстве.

Далее расположены 16 блоков по 256 Кбайт, которые отведены для пространства «окна» каждому узлу. Некоторые адаптеры могут использовать эти пространства для передач из магистрали VAXBI в другие магистрали. Старшие 504 Мбайта пространства ВВ зарезервированы для систем, содержащих несколько магистралей VAXBI.

Т а б л и ц а 7.29. Линии интерфейса VAXBI

Наименование	Обозначение	Назначение
<i>Данные</i>		
Данные	BID0...BID31	Мультиплексированная шина адреса, данных и арбитража
Код идентификатора	BII0...BII3	Идентификация типа задатчика, выполняемой команды, принимаемого статуса
Четность	BIP0	Дополнение до нечетности линий данных и кода идентификатора
<i>Управление</i>		
Блокировка арбитража	BINOARB	Запрет арбитража на линиях BID
Занятость магистрали	BIBSY	Сигнализация о выполнении операции на магистрали
Код ответа	BICNF0...BICNF2	Код ответа в циклах команды и данных
<i>Управление питанием</i>		
Снижение уровня переменного и постоянного напряжения	BIACLO, BIDCLO	Управление последовательностью включения и отключения питания
<i>Системное управление</i>		
Синхросигнал	BITIME	Синхроимпульс с частотой 20 МГц, используемый модулями
Системный синхросигнал	BIPHASE	Магистральный системный синхроимпульс с частотой 5 МГц
Включение тестирования	BISTF	Включение самодиагностики модулей
Отказ	BIBAD	Идентификация отказа модуля
Сброс	BIRESET	Запуск инициализации модулей

Протокол магистрали описывает 4-разрядное адресное соглашение, распределяющее доступ к 16 магистралям VAXBI. Перед выдачей адреса на магистраль эти разряды сбрасываются, что и определяет резервирование старшей зоны пространства адресов.

Все передачи на магистрали содержат три цикла: команды-адреса, арбитража и данных. В цикле команды-адреса задатчик передает исполнителю код выполняемой операции, адрес исполнителя и формирует контрольные разряды четности, проверяемые всеми исполнителями. В следующем цикле «встроенного» арбитража (име-

ющем месте, если передача уже началась) все задатчики, кроме текущего, выполняют цикл арбитража для следующей передачи. Последующие *циклы данных* в зависимости от длины передаваемого блока, определяемой командой в первом цикле, могут осуществляться 1, 2 или 4 раза.

Приоритет определяется одним из *трех режимов арбитража*, устанавливаемым 2-разрядным полем регистра управления и состояния узла. Возможны режимы: с циклическим изменением приоритета, с фиксацией высшего и низшего приоритетов. Возможны любые комбинации режимов в разных узлах, но предпочтителен режим с циклическим изменением, так как он обеспечивает почти равномерный доступ к магистрали всем модулям.

На магистрали реализованы *обычные и ширококестательные* передачи нескольким исполнителям, при которых задатчик в первом цикле вместо адреса устанавливает маску приемников. Выбранный исполнитель посылает сигнал подтверждения связи ACK, и до завершения передачи блока выполняются циклы данных. Если исполнитель не может немедленно ответить сигналом ACK, то он возбуждает сигналы STALL или RETRY. Сигнал STALL задерживает работу магистрали на период времени, в течение которого исполнитель сможет ответить: RETRY прекращает передачу, которую задатчик может возобновить позже. Сигналы ответа передаются по линиям BICNF.

Наряду с обычными операциями чтения и записи в адресном пространстве на магистрали реализованы операции, поддерживающие работу кэш-памяти, межмодульные связи и прерывания. Типы операций магистрали приведены в табл. 7.30.

Для мультипроцессорных систем важным требованием является сохранение единства содержимого кэш- и общей памяти. При операциях с общей памятью на магистрали процессор приводит в соответствие содержимое своей кэш-памяти с содержимым общей памяти без специального протокола магистрали. Однако многие процессор-

Т а б л и ц а 7.30 Операции магистрали VAXBI

Обозначение	Выполняемая функция
READ	Чтение
RCI	Чтение с участием кэш-памяти
IRCI	Взаимоблокированное чтение с участием кэш-памяти
WRITE	Запись
WCI	Запись с участием кэш-памяти
WMCI	Маскированная запись с участием кэш-памяти
UWMCI	Разблокированная маскированная запись с участием кэш-памяти
INTR	Прерывание/ШВ
IDENT	Идентификация
STOP	Останов/ШВ
INVAL	Аннулирование данных в кэш-памяти/ШВ
BDCST	Широковещательная передача/ШВ
IPINTR	Межпроцессорное прерывание/ШВ

Примечание. ШВ — ширококестательные операции с участием нескольких исполнителей.

ные модули имеют локальную память, запись в которую производится без обращения к магистрали.

Приемление в соответствие содержимого всей кэш-памяти на магистрали содержимому изменяемой локальной памяти может быть произведено двумя способами. Модули, производящие запись в локальную память, могут выдать сигнал «кэш-память недействительна» для операций FCI и IRCI других узлов в том случае, если операции затрачивают ячейки памяти, в которые могут производиться локальные записи. При другом способе модули могут позволить другим узлам с кэш-памятью выполнять обычные операции RCI и IRCI, но выработать специальную операцию INVALID при записи в локальную память. При этом модули, имеющие кэш-память, аннулируют данные в соответствии с установленным адресом.

Для синхронизации доступа к общим структурам данных в мультипроцессорных системах используются команды взаимоблокировки. Процессорный модуль обычно выполняет команды INSQHI или INSQTI для управления адаптером ВВ, используя взаимоблокируемую очередь. При выполнении этих команд операция IRCI опрашивает заголовок очереди и, если блокировка не установлена, операция UWMCI устанавливает разряд вторичной взаимоблокировки (PBB).

Протокол магистрали защищает процедуру вторичной блокировки от возможного прерывания. После выполнения операции IRCI блокируются обращения к блоку памяти, содержащему заголовок

Т а б л и ц а 7.31. Регистры узла магистрали VAXBI

Обозначение	Наименование	Адрес сигна- льного оборудов
DTYPE	Тип устройства	00
VAXBICSR	Управление и состояние магистрали	04
BER	Ошибки магистрали	08
EINTRCSR	Управление прерыванием от ошибки	0C
INTRDES	Получатель прерывания	10
IPINTRMASK	Маска межпроцессорного прерывания	14
FIPDES	Назначение команд IPINTR/STOP установки разряда	18
IPINTRSRC	Источник межпроцессорного прерывания	1C
SADR	Начальный адрес	20
EADR	Конечный адрес	24
BCICSR	Управление и состояние BIC	28
WSTAT	Состояние записи	2C
FIPSCMD	Команда IPINTR/STOP установки разряда	30
UINTRCSR	Управление прерыванием интерфейса пользователя	40
GPR0	РОН 0	F0
GPR1	РОН 1	F4
GPR2	РОН 2	F8
GPR3	РОН 3	FC
SOSR	Регистр состояния ПЗУ	100
RXCD	Данные выносного пульта	200

П р и м е ч а н и е РОН — регистр общего назначения.

очереди. Если к этому блоку памяти обратится другой процессор с операцией IRCI, то память установит сигнал RETRY. Операция UWMCI, устанавливая PBB, в то же время разблокирует блок памяти на магистрали. Процессоры могут снова читать заголовок очереди, но обнаружат установленный PBB. Процессор, установивший блокировку, может манипулировать очередью с помощью обычных операций и в конце очистить PBB.

Прерывания на магистрали выполняются с помощью передач информации и не требуют отдельных линий ЗПР. Адаптеры используют широковещательную операцию INTR, в которой указывают процессор, обслуживающий прерывание, и определяют один или несколько из четырех уровней обслуживания прерывания. Процессор отвечает операцией IDENT, определяющий уровень обслуживаемого прерывания (уровни прерывания 4...7 магистрали соответствуют уровням прерывания 14...17 процессоров VAX). Если ЗПР послали несколько адаптеров, то во время операции IDENT производится арбитраж с циклическим изменением приоритета и обслуживается выигравший его адаптер.

Для межпроцессорных прерываний используется операция IPINTR, выполняемая аналогично прерыванию от адаптеров, но без операции IDENT. Прерывающий процессор передает данные сообщения в заранее определенную область общей памяти и формирует межпроцессорное прерывание, сообщая принимающему процессору о готовности данных.

Каждый узел магистрали имеет в младшей зоне адресного пространства узла набор 32-разрядных регистров (табл. 7.31).

7.5.3. Физическая реализация

Магистраль VAXBI реализована на 6-слойной объединительной печатной плате высотой 95,3 мм, имеющей два наружных сигнальных слоя и четыре внутренних слоя питания. Модули размером 203,2 × 233,2 мм имеют пять 60-контактных соединителей с нулевым усилением. Два соединителя используются интерфейсом VAXBI, остальные — интерфейсом пользователя. Каждый модуль содержит интерфейс БИС (ВИС). Кабели ВВ и межмодульных связей подсоединяются не к модулям, а к соединителям объединительной платы. В блоке (кассете) может быть установлено до шести модулей. Для мультипроцессорных систем реализуется последовательное соединение кассет. В многокассетной системе должен быть только один модуль, генерирующий системный синхронимпульс.

Все места на объединительной плате универсальны для устанавливаемых модулей. В каждом месте коммутационный элемент задает соответствующему узлу магистрали идентификаторы арбитража и географического адреса.

7.6. ИНТЕРФЕЙС RESYM

7.6.1. Общие сведения

Интерфейс RESYM (REduced SYNchronous Multiprocessor) предназначен для построения недорогих мультипроцессорных систем, использующих 32-разрядные МП. Он реализует синхронный протокол, используя 8-разрядную мультиплексированную шину адресованных и распределенный арбитраж. Благодаря малой длине линий

магистралн, высокой частоте синхроимпульса (от 20 до 40 МГц) и конвейерной передаче сигналов управления его производительность сравнима с производительностью интерфейсов с 32-разрядными шинами.

Дальнейшим развитием интерфейса может быть синхронная последовательная передача информации с частотой 100 МГц и выше.

7.6.2. Логическая организация

Магистраль использует принцип «здатчик-исполнитель» и может иметь до 16 задатчиков. Для уменьшения числа линий интерфейса и магистральных драйверов широко используется мультиплексирование. Имеется четыре группы: CLOCK — системный синхроимпульс; ARB0... ARB3 — шина арбитража; AD/DAT0... AD/DAT7 — шина адреса-данных; STAT0, STAT1 — линии управления.

Системный синхроимпульс вырабатывается модулем, установленным в первое место блока, или отдельным небольшим модулем. Цикл арбитража выполняется за два последовательных такта синхроимпульса параллельно с выполнением текущего цикла передачи данных. В такте арбитража возбуждается только одна из линий ARB, имеющих возрастающий приоритет. Два последовательных такта арбитража позволяют обслуживать запросы 16 задатчиков.

Все модули, участвующие в арбитраже, проверяют линии ARB в конце каждого такта арбитража. Модули, возбудившие линию высшего приоритета, выигрывают арбитраж первого такта и продолжают арбитраж во втором такте. Модуль, возбудивший линию высшего приоритета во втором такте, становится задатчиком.

Для синхронизации арбитража модули начинают арбитраж только после такта «молчания» линий ARB. Задатчик магистралы прекращает возбуждать линии ARB за три такта до конца цикла передачи. Таким образом, одновременно с окончанием цикла передачи завершается очередной цикл арбитража и новый задатчик магистралы может сразу же начинать свой цикл передачи. Число обслуживаемых задатчиков может быть увеличено добавлением такта арбитража или увеличением числа линий ARB.

На магистрале возможны *четыре типа передачи* (чтение, запись, чтение-модификация-запись и передача блока), определяемые кодом, выставляемым задатчиком на линиях STAT в первом такте цикла передачи. Во втором такте код на STAT определяет разрядность представляемых данных (8, 16, 24 или 32). В последующих тактах линии STAT используются исполнителем для передачи сигналов подтверждения связи и сообщений об ошибках.

Цикл записи 32-разрядного слова с 24-разрядным адресом выполняется за 7 тактов (рис. 7.11). В первом такте логический адрес помещается на линиях ARB, а старший байт 24-разрядного физического адреса — на линиях AD/DAT. На линиях STAT — код операции записи. Во втором такте передается следующий байт адреса, а по линиям STAT — разрядность передаваемых данных. В третьем такте передается младший байт адреса, а по линиям STAT исполнитель подтверждает свое физическое присутствие (PHYS) и готовность к приему данных (READY). В четвертом такте передается первый байт данных. Исполнитель может ответить по линии STAT0 о нарушении адресного пространства (ADR). В последующих трех тактах передаются байты данных. За три такта до конца цикла передачи задатчик отключается от линий ARB, разрешая следующий цикл арбитража.

Рис. 7.11. Диаграмма записи RESYM (A — адрес, A — битраж)

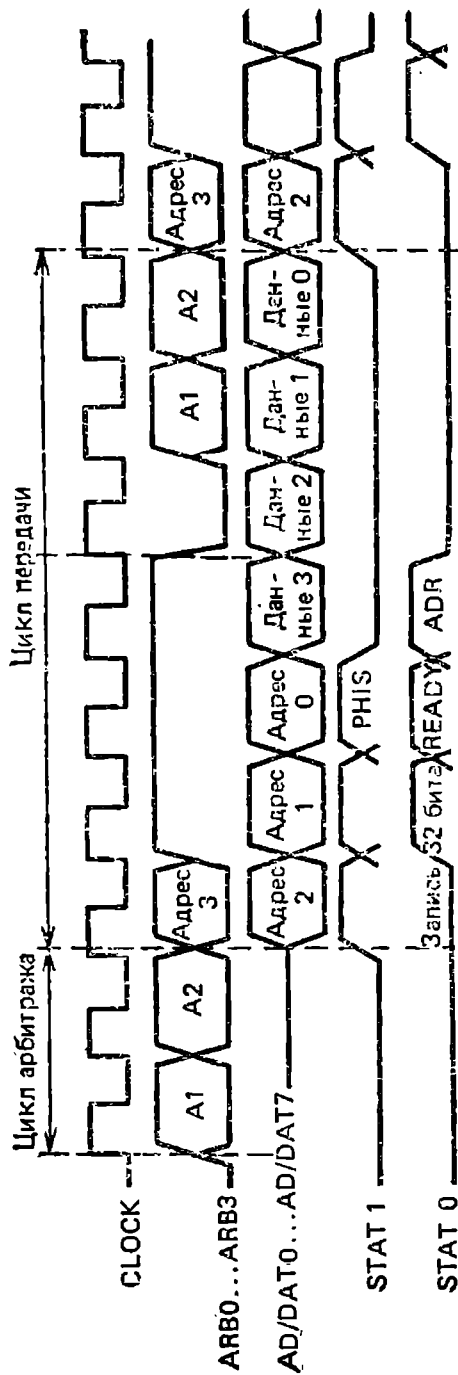
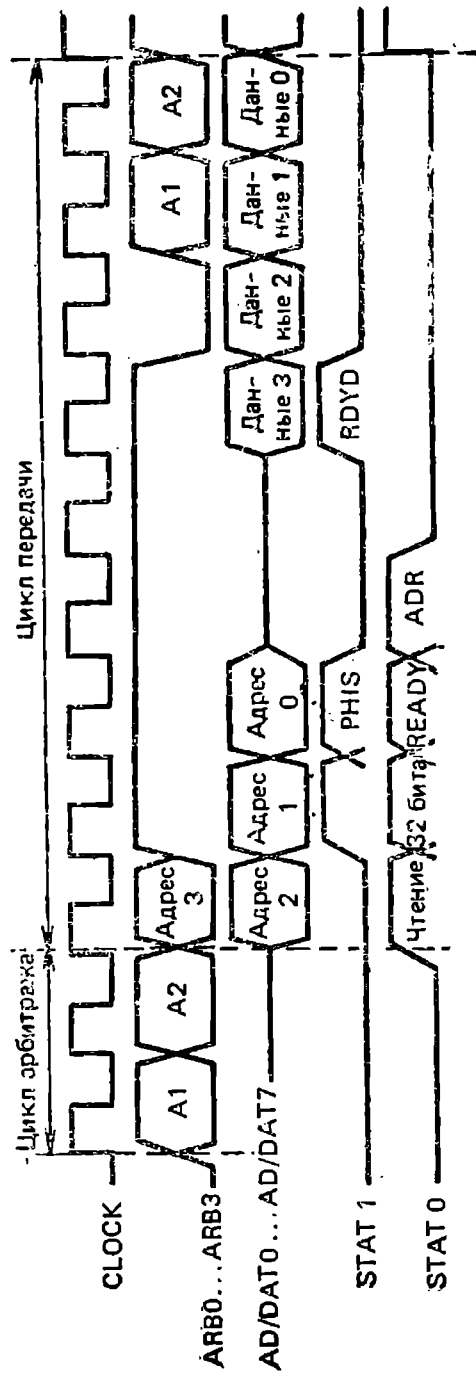


Рис. 7.12. Диаграмма чтения RESYM (A — адрес, A — битраж)



Цикл чтения может выполняться с вставлением тактов ожидания до появления сигнала готовности данных (RDYD) на линии STAT1 (рис. 7.12). Цикл «чтение-модификация-запись» состоит из двух последовательных циклов чтения и записи с передачей адреса в начале цикла.

Цикл передачи блока является обычным циклом записи, в котором передается от 64 до 160 разрядов данных. Число передаваемых 32-разрядных слов указывается во втором такте на линиях STAT.

7.6.3. Физическая реализация

Конструкция, в которой реализуется магистраль, использует принцип MICRAI (Micro CRate Interconnect). Объединительная панель выполнена на поверхности керамического цилиндра диаметром 20 мм и высотой 80 мм, в соединителях которого в радиальном направлении, под углом 15°, размещается до 13 модулей размером 125×80 мм. Через 35-контактный соединитель модуля передаются 15 линий интерфейса, пять или более линий питания и земли. Остальные контакты можно использовать для дополнительных связей модулей. Драйверы магистрали реализованы на быстродействующих КМОП-схемах.

Стандартные компоненты могут устанавливаться в модуле на некотором расстоянии от соединителя. На расстоянии 50 мм допускается установка элементов высотой 13 мм. В 50-миллиметровой зоне соединителя устанавливаются конденсаторы развязки питания и компоненты малой высоты. На задней стороне крайга устанавливается источник питания (5 В, 10 А), а снизу — блок вентиляции.

Глава 8

Интерфейсы и протоколы локальных вычислительных сетей

8.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

8.1.1. Основные понятия

Физическая среда (Transmission medium) — физический материал, по которому перемещаются данные между подключенными станциями локальной вычислительной сети (ЛВС) (например, витая пара, коаксиальный кабель, волоконно-оптический кабель).

Диспетчер станции — ДИСП (Station Management — MGT) — концептуальный элемент управления станции, взаимодействующий со всеми уровнями станции и ответственный за установку и сброс управляющих параметров, получение отчетов об ошибочных ситуациях и определение необходимости подключения станций к магистрали (кольцу или шине) и отключения их от магистрали.

Мост ЛВС (LAN Bridge) — устройство, соединяющее две ЛВС, которые используют один и тот же протокол управления логическим звеном, но, возможно, различные протоколы управления доступом к среде.

Шлюз ЛВС (LAN Gateway) — устройство, которое соединяет ЛВС с другой сетью (локальной или глобальной), использующей другие протоколы.

Монитор (Monitor) — станция кольцевой сети, которая управляет инициализацией кольца, его реконфигурацией (подключением и отключением станций) и выполняет функции сбора и анализа ошибок.

Регенеративный повторитель (Regenerative repeater) — устройство, используемое для расширения топологии и взаимосвязанности сети за пределы, налагаемые одним сегментом физической среды, и выполняющее функции восстановления амплитуды, формы сигналов и, в некоторых случаях, добавления префиксов-заполнителей для компенсации потерь символов в предыдущих станциях и повторителях.

Распределитель (Head-end) — устройство в широкополосных ЛВС, принимающее сигналы из станции и ретранслирующее их всем другим станциям сети (ретрансляция может потребовать сдвига частоты).

Протокол управления доступом к среде (Medium Access Control Protocol) — протокол, управляющий доступом к физической среде и учитывающий топологические аспекты сети и особенности физической среды с целью обеспечения обмена данными между станциями сети.

Протокол управления логическим звеном (Logical Link Control Protocol) — протокол, управляющий получением кадров и их обменом между станциями независимо от способа коллективного использования среды.

Широковещательная передача (Broadcast) — передача кадра станцией ЛВС, который должен быть воспринят всеми остальными станциями той же ЛВС.

Групповая передача (Multicast) — передача станцией ЛВС кадра, который должен быть воспринят группой выбранных станций той же ЛВС.

Шинная сеть (Bus network) — ЛВС, в которой имеется только один маршрут между любыми двумя станциями и в которой данные, передаваемые любой станцией, одинаково доступны всем другим станциям данной сети. Шинная сеть может иметь линейную, радиальную или древовидную конфигурацию.

Сеть коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов — КДОН/ОК (Carrier sense multiple access with collision detection — CSMA/CD) — шинная сеть, в которой протокол требует опознавания несущей для обнаружения передачи другой станции и конфликты разрешаются путем повторных передач кадра.

Кольцевая сеть (Ring network) — ЛВС, обеспечивающая одностороннюю передачу данных между станциями по одной физической среде с возвратом данных к передающей станции.

Звездно-кольцевая сеть (Star/ring network) — кольцевая сеть с односторонней передачей, в которой несколько сгруппированных станций подключены к физической среде посредством интерфейсных модулей.

Кольцевая сеть с маркерным доступом — КМД (Token-ring network) — кольцевая сеть, в которой используется процедура передачи маркера.

Кольцевая сеть с тактированным доступом — КТД (Slotted-ring network) — кольцевая сеть, в которой передача данных тактируется в регулярные интервалы времени синхронно для всех станций.

ЛВС основной полосы частот (Baseband LAN) — ЛВС, в которой данные кодируются и передаются без модуляции несущей.

Широкополосная ЛВС (Broadband LAN) — ЛВС, в которой используются методы уплотнения и модуляции.

Кадр данных (Frame) — форматированная битовая последовательность, которая содержит данные пользователя, управляющую информацию и передается между станциями кольца.

Кадр маркера (Token) — форматированная битовая последовательность, передаваемая между станциями ЛВС шинного или кольцевого типа с целью упорядоченной (в соответствии с адресами станций и приоритетностью данных) передачи станциям полномочий на доступ к физической среде.

Процедура передачи маркера (Token passing procedure) — совокупность правил, в соответствии с которыми станция сети с передачей маркера получает, удерживает и передает маркер.

Станционная задержка (Station delay) — промежуток времени между моментом поступления последнего сигнала кадра управления доступом к среде (УДС) в интерфейс управления доступом станции и моментом выдачи первого символа этого кадра передатчиком станции.

Период усечения кадра (Slot-time) — единица времени в сети шинного типа со случайным доступом (ШСД), которая зависит от реализации и в случае обнаружения конфликта используется для определения длительностей задержек, после которых можно осуществлять попытку повторных передач.

Усеченный экспоненциальный двоичный алгоритм отсрочки (Truncated binary exponential backoff) — алгоритм в сети ШСД, используемый для планирования повторных передач после обнаружения конфликта, при котором повторная передача задерживается на период времени, вычисляемый на основе периода усечения кадра и числа попыток повторной передачи.

Сигнал искажения (Jam signal) — битовая комбинация в сети ШСД, передаваемая станцией с целью информирования всех остальных станций о наличии конфликтной ситуации в физической среде.

Время ожидания ответа (Slot time) — максимальное время в сети шинного типа с маркерным доступом (ШМД), в течение которого любая из станций должна ждать ответа от другой станции и которое вычисляется по следующей формуле: время ожидания ответа равно $n \cdot ((2 \text{ задержка тракта передачи} + \text{суммарная задержка всех станций}) + \text{запас надежности}) / \text{символьный интервал УДС} + 7) / 8$, где n — целое число; запас надежности не менее символьного интервала УДС.

Окно ответа (Response window) — базовая единица времени в сети ШМД, отсчитываемая станцией от момента окончания передачи кадра УДС до получения ответа от другой станции и равная времени ожидания ответа. Если станция, ожидающая ответа, обнаружит в интервале окна ответа передачу от другой станции, она не должна возобновлять свою передачу, пока не закончится прием передаваемых данных.

Задержка кругового обхода (Round-trip propagation time) — удвоенное время прохождения бита между двумя наиболее удаленными станциями шинной сети.

Кольцевая задержка (Ring latency) — время в сети КМД, измеряемое в битовых интервалах при данной скорости передачи, необходимое для однократного распространения сигналов по всему кольцу.

Это время складывается из задержки тракта передачи и суммы всех станционных задержек.

Модуляция сдвигом частоты (Frequency Shift Keying — FSK) — метод модуляции сигналов, при котором информация представляется несущей со сдвигом частоты передаваемого сигнала на одну из небольшого набора частот.

Фазонепрерывная модуляция сдвигом частоты (Phase-continuous FSK) — разновидность модуляции сдвигом частоты, при которой изменение частоты сигналов осуществляется непрерывно (в отличие от скачкообразного перехода от одной частоты к другой, выполняемого, например, переключателем).

Фазокогерентная модуляция сдвигом частоты (Phase-coherent FSK) — разновидность модуляции сдвигом частоты, при которой две частоты совместно используются для одной скорости передачи данных, а переходы между этими частотами происходят при пересечении нулевого уровня сигналом несущей.

Двубинарная амплитудно-фазовая модуляция — двубинарная АФМ (Duobinary AM/PSK modulation) — вид модуляции, при которой данные предварительно кодируются и передаются в виде двубинарных импульсов, модулирующих по амплитуде и фазе несущую частоту. При этом приемники могут демодулировать и модулировать сигнал без необходимости восстановления фазы сигнала.

Многоуровневая двубинарная амплитудно-фазовая модуляция (Multi-level duobinary AM/PSK) — вид двубинарной АФМ, которая использует более двух различных уровней амплитудной модуляции.

Такт (Slot) — группа из 40, 56, 72 или 88 последовательных битовых позиций потока битов, циркулирующая по кольцу сети КТД и вмещающая один мини-пакет.

Тактовая группа (Slot structure) — один или несколько последовательных тактов одинаковой длины, циркулирующих по кольцу в сети КТД с пробелом (последовательность бит 0) между концом последнего такта группы и началом первого такта группы.

Мини-пакет (Mini-packet) — блок данных в сети КТД, размещаемый в такте и используемый для переноса фрагментов кадров между узлами под управлением ООД.

Розетка сетевого соединителя (Ring connector socket) — розетка в сети КТД, с помощью которой к кольцу подсоединяются станция, узел сети или вилка связности.

Вилка сетевого соединителя (Ring connector plug) — соединительная вилка в сети КТД на стороне станции или узла, обеспечивающая соединение с розеткой сетевого соединителя.

Вилка связности (Continuity plug) — соединительная вилка в сети КТД, обеспечивающая связность сети при отсутствии устройств, подключаемых к розетке сетевого соединителя.

Логический сегмент кольца (Logical ring segment) — часть кольца в сети КТД, охватывающая один или несколько физических сегментов, соединенных вилками связности и расположенная между двумя розетками сетевого соединителя, к которым подключены повторители.

8.1.2. Развитие ЛВС и стандартизация

Локальная вычислительная сеть представляет собой в общем случае коммуникационную систему, которая принадлежит одной организации и позволяет при помощи единой передающей среды общаться друг с другом однотипным или разнородным средствам вычислительной и микропроцессорной техники. Связь может осуществ-

вляться также между различными аппаратными средствами: большими, малыми и микроЭВМ, специализированными процессорами, персональными ЭВМ, терминалами и терминальными станциями, различным периферийным оборудованием, накопителями на МД и МЛ, а также специализированными средствами (регистрирующие и копирующие устройства, графопостроители, устройства связи с объектом и т. д.).

При этом ЛВС обеспечивает простое и удобное объединение всех средств в пределах помещения, этажа, здания, производственного комплекса или группы зданий.

При стандартизации ЛВС главным образом учитывают их особенности и специфику применения. На верхних уровнях (начиная с транспортного) протоколы ЛВС близки к аналогичным протоколам эталонной модели ВОС МОС или совпадают с ними. На нижних уровнях (особенно на уровне звена данных и физическом) в значительной мере проявляется специфика ЛВС, обуславливающая разработки отдельных стандартов.

Работы по стандартизации ЛВС ведутся в нескольких основных направлениях (в основном независимо): для крупных ЭВМ, для учреждений, для бытовых применений, для распределенных систем управления (PCY) технологическими процессами.

Стандартизацией ЛВС крупных ЭВМ занимается комитет ХЗТ9.5 института ANSI. В 1982 г. комитет подготовил стандарт для ЛВС со скоростью 50 Мбит/с. Стандарт представлен в подкомитет МОС/ТК97/ПК13 и принят за основу при разработке стандарта 9314 (в двух частях) по волоконно-оптическому интерфейсу распределенных данных (ВНОРД).

Одной из первых приступила к разработке учреждений ЛВС фирма Хегох, учредив консорциум Ethernet, в который кроме Хегох вошли фирмы Intel и DEC. В 1980 г. консорциум выпустил документацию на сеть Ethernet, которая на долгое время стала фактически стандартом для ЛВС шинной конфигурации.

В 1980 г. в институте IEEE организован комитет 802 по стандартизации ЛВС. Работы комитета проводятся в двух направлениях стандартизации протоколов: шинной ЛВС на основе сети Ethernet и кольцевой ЛВС с маркерным доступом. Результаты работ взяты МОС/ТК97/ПК6 за основу при разработке комплекса международных стандартов 8802.1..5, большинство из которых находится в стадии завершения.

В Великобритании метод тактированного доступа к кольцу использован в ЛВС «Кембриджское кольцо». Набор национальных стандартов BS1 по указанному методу представлен в МОС/ТК97/ПК6 и принят в качестве исходной версии разрабатываемого стандарта 8802.7.

В 1982 г. в работы по стандартизации ЛВС включился ТК24 ЕСМА, опубликовав стандарты ЕСМА-80, -81, -82 для ЛВС, аналогичной Ethernet, и впоследствии стандарты ЕСМА-89, -90 по методу, передачи маркера.

Важным событием в разработке и стандартизации ЛВС стало создание фирмой IBM кольцевой сети с маркерным доступом с пропускной способностью 4 Мбит/с. Организация этой сети в основном аналогична стандарту МОС 8802.5.

Среди большого разнообразия используемых методов построения ЛВС наибольшее применение должны найти методы, принятые в качестве международных стандартов, поскольку они в течение многих лет исследовались в научных лабораториях, апробированы во мно-

гих странах и учитывают возможности дальнейшего развития ЛВС.

Перечень основных международных стандартов по ЛВС приведен в приложении 2. Структура разрабатываемых МОС стандартов и их расположение относительно эталонной модели ВОС приведены на рис. 8.1. Стандартизуемые МОС типы ЛВС более подробно рассматриваются в § 8.2—8.5.

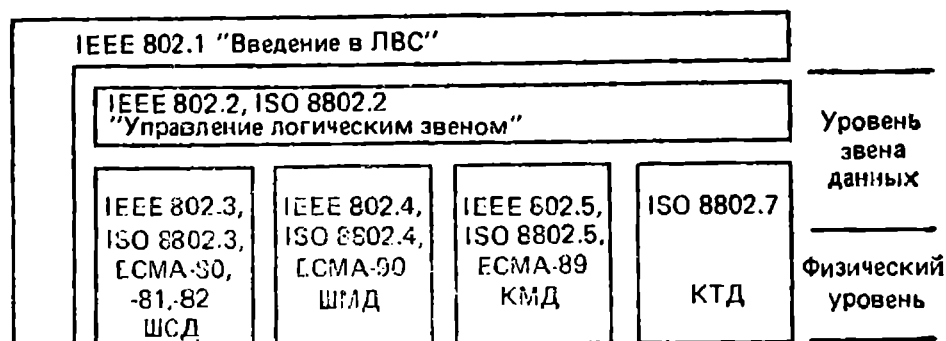


Рис. 8.1. Международные стандарты по ЛВС

8.1.3. Требования к ЛВС и их особенности

Основополагающие требования к ЛВС, ориентированным на передачу данных, сформулированы в 1981 г. комитетом IEEE и опубликованы в виде проекта стандарта. Последующая практика разработки и применения ЛВС в основном подтвердила правомерность этих требований, хотя и внесла в них коррективы.

Приводимый ниже перечень требований к ЛВС основан на анализе упомянутых источников. Не все из перечисленных ниже требований являются общими для всех типов ЛВС. Степень выполнимости некоторых из них существенно зависит от назначения, способов использования ЛВС и ряда других факторов.

Общие требования:

выполнение разнообразных функций по передаче данных, включая пересылку файлов, поддержку терминалов (в том числе высокоскоростных графических), электронную почту, обмен с внешними запоминающими устройствами (ВЗУ), обработку сообщений, доступ к файлам и базам данных, передачу речевых сообщений;

подключение большого набора стандартных и специальных устройств, в том числе: больших, малых и персональных ЭВМ, терминалов, ВЗУ, алфавитно-цифровых печатающих устройств (АЦПУ), графопостроителей, факсимильных устройств, оборудования контроля и управления и др.;

подключение как современных и перспективных, так и ранее разработанных устройств с различными программными средствами, архитектурой, принципами работы;

доставка пакетов адресату с высокой достоверностью с обеспечением виртуальных соединений и датаграммной службы;

обеспечение непосредственной взаимосвязи между подключенными устройствами без промежуточного накопления и хранения информации (возможны, однако, промежуточные функции преобразования протоколов, или функции регистрации потока);

простота монтажа, модификации и расширения сети; подключе-

ние новых устройств и отключение прежних без нарушения работы сети длительностью более 1 с; информирование всех устройств сети об изменении ее состава;

одна ЛВС должна поддерживать не менее 200 устройств и охватывать территорию не менее 2 км;

соответствие, по возможности, существующим стандартам.

Требования к взаимодействию устройств в сети:

возможность для каждого устройства связываться и взаимодействовать с любым другим устройством;

обеспечение равноправного доступа к физической среде для всех коллективно использующих ее устройств;

возможность адресации пакетов одному устройству, группе устройств, всем подключенным устройствам;

обеспечение возможности некоторым пользователям назначать и менять собственный адрес (в рамках ограничений, сохраняющих целостность сети).

Информационные требования:

обеспечение «прозрачного» режима обслуживания, возможность приема, передачи и обработки любых сочетаний битов, слов и символов, в том числе не кратных восьми (последнее требование противоречит позиции IEEE, согласно которой блок данных должен содержать целое число октетов. В некоторых случаях это требование IEEE неприменимо);

пропускная способность сети не должна существенно снижаться при достижении полной загрузки и даже перегрузки сети во избежание длительной ее блокировки;

скорости передачи должны составлять 1...20 Мбит/с;

максимальная задержка передачи пакета через ЛВС должна быть небольшой по величине, постоянной и детерминированной (предварительно рассчитанной).

Требования к надежности и достоверности:

отказ или отключение питания подключенного устройства должны вызывать только переходную ошибку;

ЛВС не должна находиться в состоянии неработоспособности более 0,02 % от полного времени работы (это составляет около 20 мин простоя в год для учрежденческой системы и около 2 ч для непрерывно функционирующей системы);

средства обнаружения ошибок должны выявлять все пакеты, содержащие до четырех искаженных битов. Если же достоверность передачи достаточно высока, сеть не должна сама исправлять обнаруженные ошибки. Функции анализа, принятия решения и исправления ошибки должны выполняться подключенными устройствами;

появление пакета с необнаруженной ошибкой — не чаще одного раза в год (для сети со скоростью передачи 5 Мбит/с это составит вероятность ошибки 10^{-14}). Частота обнаруживаемых ошибок может иметь порядок 10^{-8} (в некоторых применениях эти требования могут оказаться завышенными);

ЛВС должна обнаруживать и индцировать все случаи совпадения сетевых адресов у двух подключенных устройств (в стандарте IEEE это требование необязательно).

Прочие и специальные требования: простота подключения к другому телекоммуникационному оборудованию, в том числе к арендованным линиям, телефонным сетям (общего и частного пользования), а также к сетям передачи данных; простота интерфейсов между ЛВС и подключенными устройствами; защита обмена данными по

сети от случайного или несанкционированного доступа; наличие средств сопряжения с другими ЛВС (мосты) ил с большими сетями (шлюзы); обеспечение беспроводной связи для мобильных устройств.

Предъявленные требования обуславливают *основные особенности ЛВС*: размещение ЛВС на сравнительно небольшой территории; наличие высокоскоростного общего канала (физической среды); не используются средства и методы сетей общего пользования и не накладываются ограничения этих сетей; соединение в ЛВС самых разнообразных и независимых устройств.

Территории, охватываемые ЛВС, могут существенно различаться. Главное отличие локальных сетей от распределенных (глобальных) — наличие для всех абонентов общего высокоскоростного канала передачи данных. Сравнительно небольшие расстояния и отсутствие ограничений, налагаемых сетями общего пользования, позволяют передавать данные в ЛВС со скоростями, значительно превышающими скорости передачи данных в сетях общего пользования.

Термин «высокоскоростной канал» имеет условный характер, поскольку скорость передачи оценивается только по отношению к подключенным устройствам. Скорости передачи в ЛВС (табл. 8.1)

Т а б л и ц а 8.1. Скорости передачи данных в ЛВС

Устройство	Скорость, Мбит/с, обеспечиваемая	
	устройством	ЛВС
Большая ЭВМ	20	50
Мини-ЭВМ и рабочая станция	1	5
МикроЭВМ	0,3	0,5
Терминал	0,02	0,05

существенно больше, чем это требуется для одного подключенного устройства. Важная особенность высокоскоростных систем — неравномерный «взрывной» характер трафика. Отношение пиковой нагрузки к средней может составлять 1000 и даже выше. Время передачи является производной от скорости и дальности передачи. Обычно пакет проходит через ЛВС за несколько миллисекунд, время же передачи через глобальную сеть составляет около секунды. ЛВС обеспечивают более дешевый способ комплектации оборудования. Низкая вероятность возникновения ошибок позволяет упростить сетевые протоколы, а высокая скорость передачи делает эффективным многопользовательский доступ к общему банку данных и электронную доставку данных.

Наиболее важной особенностью применения ЛВС является передача данных. Некоторые используемые в ЛВС методы могут быть распространены на передачу речевой, текстовой и видеoinформации, что, например, позволяет объединить многие формы учрежденческой связи в рамках одной сети.

Хотя принцип общего канала — это основа концепции ЛВС, имеются некоторые ЛВС, использующие несколько параллельных общих каналов. Такие сети известны как широкополосные, которые в ряде случаев можно рассматривать как отдельные независимые ЛВС, объединенные общим кабелем.

8.1.4. Конфигурация ЛВС

Конфигурация, или топология, ЛВС определяет взаимное размещение станций ЛВС и способ соединения между ними. Выделяются следующие топологии ЛВС: шинная, кольцевая, звездообразная, древовидная, петлевая, гибридная и полносвязная.

Шинная топология ЛВС характеризуется использованием разомкнутого сегмента кабеля, к которому с некоторыми интервалами подключены станции. Передаваемая станцией информация распространяется в обе стороны. Применение шины снижает стоимость проводки, повышает надежность системы, унифицирует подключение различных модулей, обеспечивает возможность широковещательного обращения.

Используются два метода передачи сигналов по шине ЛВС: временное уплотнение сигналов и частотное разделение шины.

При временном уплотнении каждой станции выделяется определенный временной интервал для ведения передачи. Назначение таких интервалов станциям может осуществляться централизованно или распределенно, что определяется сущностью используемого метода доступа к среде.

При частотном разделении шины в одном кабеле организуется несколько параллельных радиочастотных каналов, передача по которым ведется с помощью модемов. Такой метод передачи уже многие годы используется, например, в кабельном телевидении.

В ЛВС *кольцевой конфигурации* сигналы передаются по кольцу только в одном направлении. Каждая станция непосредственно под-соединяется только к двум соседним узлам и «прослушивает» передачу любой другой станции. Кольцо состоит из нескольких приемопередатчиков, соединенных физической средой. В кольцевой ЛВС может отсутствовать центральный управляющий узел и все станции имеют равные права доступа к физической среде. Однако во многих таких ЛВС одна из станций выполняет функции активного монитора, осуществляя инициализацию, тестирование кольца, удаление некажущих или дублированных пакетов.

Звездообразная конфигурация характерна, например, для обычной вычислительной сети с терминальными устройствами и для телефонной системы. В ЛВС в центре звезды может находиться пассивный соединитель или активный повторитель.

Петлевые ЛВС возникли как развитие многопунктовых линий с опросом. По своей конфигурации они сходны с кольцевыми ЛВС, отличаются от них методом распределения доступа к физической среде. В петлевой ЛВС имеется управляющая станция (или контроллер), которая определяет, какая конкретная станция и для каких целей может использовать физическую среду. Это достигается циклическим опросом всех станций или же посылкой пустых пакетов-континеров, доступных любой станции.

Древовидные ЛВС представляют собой более развитые конфигурации шинного типа. Дерево образуется путем подсоединения нескольких простых шин к одной магистральной шине посредством активных повторителей или пассивных размножителей. В таком виде древовидная ЛВС наиболее подходит для передачи модулированных сигналов. При этом выделяются два частотных канала: один для передачи, другой — для приема.

На практике часто встречаются различные варианты *смешанных*, или *гибридных*, конфигураций ЛВС.

Полносвязные конфигурации ЛВС обеспечивают выбор наиболее дешевого маршрута между абонентами и выгоды там, где использование логики управления окупается удешевлением связей.

8.1.5. Архитектура ЛВС

Комитет IEEE в проекте 802 модифицировал два нижних уровня эталонной модели ВОС (см. § 1.3), приспособив ее к задачам построения ЛВС. Предложенная комитетом IEEE модель ЛВС, принятая также подкомитетом МОС/ТК97/ПК6 в проекте стандарта 8802, показана на рис. 8.2.

Согласно модели *уровень звена данных* (Data Link) делится на два подуровня: управления логическим звеном (УЛЗ) и управления доступом к среде (УДС).

В функции подуровня УЛЗ входит передача кадров между станциями, включая исправление ошибок. УЛЗ не зависит от физических особенностей среды и алгоритмов доступа к ней, если не считать временных соотношений.

Протокол подуровня УЛЗ определяет три режима работы сети.

В первом режиме передача пакетов между локальной и удаленными станциями происходит без предварительного установления соединения между этими станциями, без подтверждения принятых пакетов, без управления их потоком и без исправления ошибок передачи.

Во втором режиме для передачи пакета между двумя станциями предварительно устанавливается соединение. Нормальный цикл обмена между двумя станциями состоит из передачи пакета данных и выдачи в обратном направлении пакета-подтверждения. Для каждой пары станций осуществляется независимое от других пар станций управление потоком пакетов данных путем их циклической нумерации. Второй режим совместим с режимом сбалансированного класса процедур протокола HDLC, стандартизованного МС4335 и МС7809, а также НМ МПК по ВТ 54—82 и проектами СТ СЭВ и ГОСТ (см. приложение 2).

В третьем режиме работы передача данных происходит без предварительного установления соединения, но с подтверждением принятых пакетов.

Подуровень УДС реализует алгоритм доступа к среде и адресацию станций. На подуровень УДС возлагается функция совместного использования физической среды, определяющая основные особенности ЛВС.

Методы совместного использования физической среды делятся на следующие *классы*: опрос, передача маркера, соперничество (случайный доступ), резервирование времени, сегментированная передача, вставка регистра и радиочастотная модуляция.

В системах с *селективной передачей* (два первых метода) станции могут осуществлять передачу только после получения соответствующего разрешения. *Опросом* называется алгоритм выдачи станциям разрешения на передачу по очереди. *Передачей маркера* (права) называется алгоритм выдачи разрешения на передачу от одной станции к другой.

В системах с *соперничеством* каждая станция перед началом передачи пытается «захватить» физическую среду с соблюдением определенной дисциплины, минимизирующей возможности и последствия наложения нескольких сигналов.

В системах с *резервированием времени* любая станция осуществляет передачу только в течение временных интервалов, заранее за-

резервированных для нее при генерации системы, в начале соединения и в произвольные моменты времени.

При *сегментированной передаче* фиксированное число сегментов постоянно циркулирует по кольцу ЛВС и станции заполняют и освобождают их по мере необходимости.

При *вставке регистра* любая станция может поместить в кольцо между двумя передаваемыми последовательными пакетами регистр, содержащий пакет.

Метод *радиочастотной модуляции* в коаксиальном кабеле применяется в некоторых системах как основа построения совместно используемой шины передачи дискретных сигналов. Метод позволяет по единственному кабелю обслуживать несколько независимых ЛВС или комбинировать ЛВС с другими типами цифровых коммуникаций. Такие системы называются широкополосными ЛВС.

Основные стандартизуемые в IEEE и в МОС методы доступа к среде более подробно рассмотрены в § 8.2—8.5.

Физический уровень обеспечивает сопряжение станции с физической средой, кодирование и декодирование сигналов, их буферизацию, поддерживает и восстанавливает битовую синхронизацию.

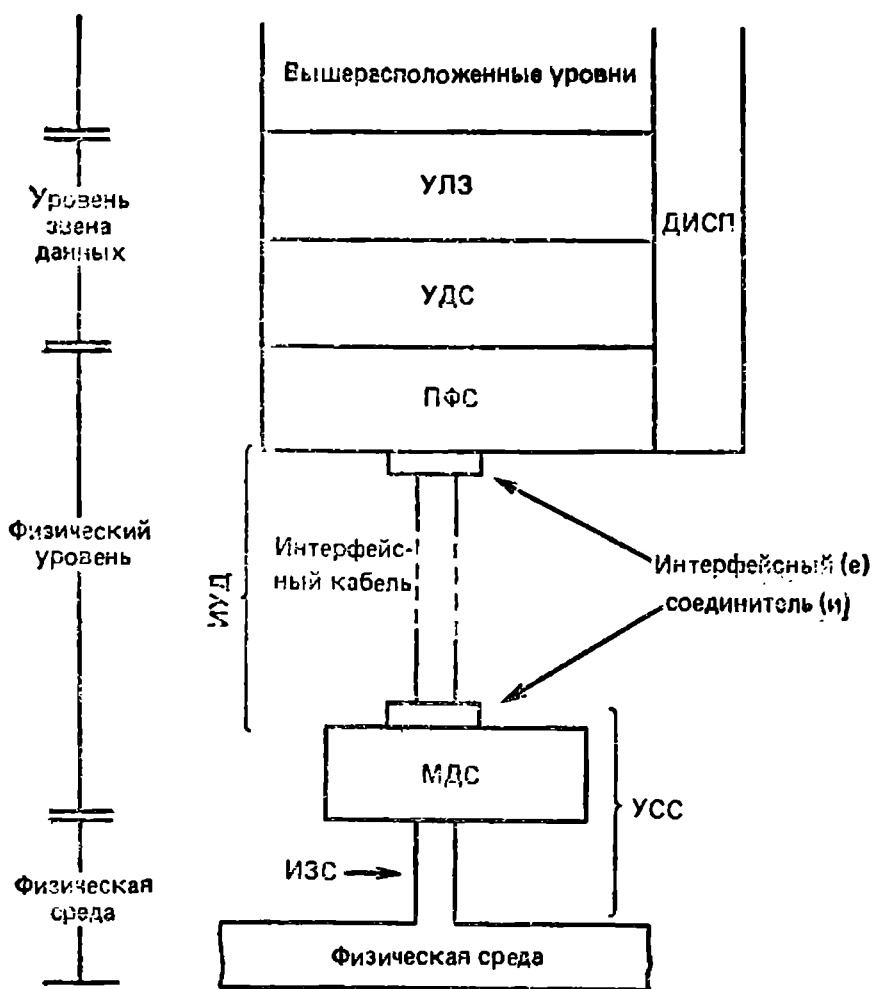


Рис. 8.2. Стандартная архитектура ЛВС:
УСС — узел сопряжения со средой

Физический уровень делится на *три подуровня*: передача физических сигналов (ПФС), интерфейс с устройством доступа (ИУД), и модуль доступа к среде (МДС), который часто называют также соединительным модулем или соединителем.

Подуровень МДС выделяется с целью облегчения схемной интеграции с уровнем звена данных и обеспечивает для подуровня УДС последовательный побитовый интерфейс с физической средой.

Подуровень ИУД представляет собой интерфейсный кабель, позволяющий размещать станцию на некотором удалении от среды. Кабель может иметь на своих концах соединители с ПФС и МДС (как показано на рис. 8.2) или же (в некоторых системах) жестко соединяться с ПФС и МДС и иметь соединитель в разрыве кабеля.

Подуровень МДС согласует сигналы, поступающие из ПФС, с характеристиками физической среды, обеспечивая возможность использования определенного подуровня ПФС различными типами физической среды.

В архитектуре ЛВС выделяется также *интерфейс, зависящий от среды (ИЗС)*. Характеристики этого интерфейса определяются свойствами физической среды и способом соединения МДС со средой: в разрыве кабеля, прямым электрическим контактом с кабелем или через фантомную цепь.

Дискретные сигналы могут быть представлены в физической среде двумя способами: в основной полосе частот (сигнал передается непосредственно в физическую среду) и в виде широкополосной передачи (дискретный сигнал служит для модуляции несущего сигнала, который и подается в физическую среду).

Соединитель МДС может быть пассивным, не выполняя никаких сетевых функций, кроме передачи и приема сигналов для устройств, которые он обслуживает, и активным, выполняя сетевые функции и обеспечивая передачу сигналов между другими устройствами сети. Пассивный соединитель в отличие от активного может быть удален из сети без влияния на процесс передачи данных между пользователями. В широкополосных сетях обычно используются активные соединители.

8.1.6. Физическая среда

Физическая среда ЛВС представляет собой физический материал, на котором размещается и перемещается информация. В качестве такого материала могут использоваться различные виды кабелей (типа «витая пара», коаксиальные многожильные, волоконно-оптические), а также эфир (радиоканалы, УКВ-каналы, инфракрасные каналы). В табл. 8.2 приведены основные сравнительные параметры наиболее распространенных видов физической среды. Их краткие характеристики рассмотрены ниже.

Витая пара состоит из оболочки (с экраном или без), внутри которой содержится одна или несколько пар свитых в виде спирали проводников. Витые пары используются в стандартных телефонных соединениях и при подключениях телексных терминалов. При использовании в АТС электронных коммутаторов с цифровой передачей речи возможно построение ЛВС на имеющихся каналах. В ЛВС витые пары применяются, как правило, в режиме передачи немодулированных сигналов, причем две или более пары отводятся для передачи сигналов оповещения о предстоящей передаче данных.

До недавнего времени одним из недостатков витых пар считалась низкая скорость передачи (до 1 Мбит/с). В настоящее время на витых парах достигнута скорость 10 Мбит/с и ожидается, что она

Таблица 8.2. Характеристики

Характеристика	Тип физиче	
	Витая пара	Многожильный кабель
Скорости передачи, Мбит/с	До 10	300...500
Дальность передачи по одному сегменту, км	0,01...0,1	До 300
Типичное число узлов в сети	10...100	Сотни на канал
Сложность соединения	Низкая	Высокая
Возможность ответвления	Плохая	Отличная (тысячи узлов)
Возможность передачи различных видов информации	Низкая	Хорошая
Помехозащищенность	Средняя	Высокая
Относительная стоимость	1	5
Состояние технологии	Зрелое	Развивается

может быть увеличена почти на порядок. Основными недостатками витых пар остаются простота несанкционированного доступа и их чувствительность к электромагнитным помехам. Поэтому витые пары применяются главным образом в кольцевых сетях, где используются повторители, а также имеется возможность стыковать различные типы кабелей и вставлять в критическом месте нечувствительную к помехам секцию кабеля.

Многожильные кабели применяются в целом ряде ЛВС. Отдельные провода кабеля могут использоваться для разных целей (передача данных, сигналов идентификации, индикации состояний и др.). Передача данных по нескольким параллельным линиям умножает пропускную способность всего кабеля (сотни мегабит в секунду) при сравнительно малой скорости передачи сигналов по одному проводу (десятки мегабит в секунду). Низкая скорость передачи сигналов снимает проблемы отражения сигналов и согласования импедансов, характерные для высокоскоростных линий, упрощает и удешевляет интерфейсные схемы, хотя и увеличивает их необходимое количество. К основным недостаткам многожильных кабелей относятся их плохая помехозащищенность (при отсутствии экрана) и высокая стоимость.

Коаксиальный кабель состоит из центрального проводника, окруженного слоем изолирующего материала, проводящего экрана и внешней оболочки. Имеется несколько разновидностей коаксиального кабеля с разными характеристиками. Некоторые кабели лучше передают высокие частоты, другие отличаются меньшим затуханием, устойчивостью к наводкам и т. п. Наиболее высококачественный кабель обладает большой жесткостью и поэтому его трудно монтировать. Кроме того, электрические характеристики коаксиального кабеля (его сопротивление в рабочем диапазоне частот составляет 50...75 Ом) делают его малопригодным для многих целей. Но он очень удобен для передачи высокочастотных сигналов при сохранении относительной устойчивости к электрическим наводкам, а также для передачи модулированных и немодулированных сигналов. Он отличается надежностью, простотой конструкции и умеренной массой.

Коаксиальный кабель	Волоконно-оптический кабель	Эфир
До 10 До 2,5	До 1000 До 200	До 20 000 До 20
До 100 Средняя Средняя (100 узлов)	2 (кольцевые точки) Очень высокая Плохая	— Низкая Отличная
Ограниченная	Очень хорошая	Очень хорошая
Высокая 10	Очень высокая 50	Высокая
Развивается	Начало разработки	Развивается

В сетях кабельного телевидения используется коаксиальный кабель с полосой пропускания больше 300 МГц, обеспечивающий передачу на большие расстояния. В режиме передачи немодулированных сигналов коаксиальный кабель позволяет передавать информацию со скоростью 10 Мбит/с. Лучшие электрические свойства и простота монтажа обусловили использование коаксиального кабеля в качестве физической среды большинства ЛВС.

В ряде систем (например в Series 1 Ring (CM/1) фирмы IBM) применяются *биаксиальные* и *триаксиальные* кабели, которые имеют лучшие электрические характеристики, чем коаксиальный кабель.

Волоконно-оптический кабель (световод) основан на использовании в качестве проводящей среды сверхпрозрачного стекловолокна. Теоретический предел пропускной способности световода определяется сотнями гигабит в секунду, а на практике уже достигнута скорость 2,41 Гбит/с. Помимо высокой скорости передачи к достоинствам световода следует отнести его высокую помехозащищенность, защиту от несанкционированного доступа и небольшую массу. К недостаткам световода относится следующее: высокая стоимость и сложность подключения новых станций из-за неразвитости технологии волоконно-оптических разветвителей; невозможность передачи по ним электрической энергии для повторителей и других устройств; значительное ослабление сигналов из-за подключения ответвителей; возможность передачи сигналов по кабелю только в одном направлении.

Ожидается, однако, что многие из перечисленных проблем будут решаться по мере развития технологии волоконной оптики и расширения ее применения в ЛВС.

Световоды применяются в ЛВС кольцевой и звездообразной конфигурации, например в ЛВС Fibrenet фирмы Хегох, имеющей топологию звезды. Они наиболее подходят для взаимосвязей больших ЭВМ, где требуются высокие скорости передачи. В то же время их применение для работы при средних и низких скоростях не считается целесообразным.

Эфир является новым типом физической среды ЛВС, в которой могут быть организованы радио-, инфракрасные и микроволновые

каналы. *Радиоканал* наиболее пригоден для обслуживания мобильных станций. В стационарных ЛВС радиоканалы используются слабо из-за экранированности зданий и узкой полосы доступных радиочастот. *Инфракрасный канал* обеспечивает высокие скорости передачи (несколько мегабит в секунду) на расстояние прямой видимости. В отличие от радиоканалов он нечувствителен к электромагнитным помехам и не занимает полосы частот радио- или видеосигналов. К недостаткам инфракрасного канала следует отнести небольшую дальность передачи. *Микроволновый канал* обеспечивает еще более высокие скорости (до 20 Гбит/с) на расстоянии 15...20 км (при обеспечении прямой видимости).

8.1.7. Классификация ЛВС

Ниже обобщены имеющиеся системы классификации с учетом последних результатов расширения характерных признаков ЛВС и их усовершенствования. Помимо перечисленных выше характеристик и особенностей ЛВС, они различаются между собой следующими

Т а б л и ц а 8.3. Классификационные признаки ЛВС

Признак ЛВС	Основной вариант
Сфера применения	Учрежденческие, заводские, домашние
Функциональное назначение	Распределенная обработка данных, удаленный ввод-вывод, научная деятельность, образование, резервирование мест, финансовые операции, производственное управление и учет
Размеры	Здание, территория предприятия, город
Вид трафика	Непрерывный, групповой, внутренний, внешний
Топология	Шинная, кольцевая, звездообразная, петлевая, древовидная, смешанная, полносвязная
Физическая среда	Витая пара, многожильный кабель, коаксиальный кабель, силовой кабель, волоконно-оптический кабель, радиоканал, инфракрасный канал, микроволновый канал
Метод доступа к среде	Опрос, передача маркера, соперничество, сегментированная передача, вставка регистра, резервирование времени, радиочастотная модуляция
Структура внутренней адресации	Плоская, иерархическая, групповая, расширения адресного пространства
Адресация абонентов других ЛВС	Доступ через фиксированные соединения, доступ через коммутируемые соединения глобальных сетей; адрес абонента — часть общего адресного пространства обеих (нескольких) ЛВС, адрес абонента — подадрес глобального адреса (в рамках глобальной сети) удаленной ЛВС
Адресация со стороны служб общего пользования	Адресация к шлюзам (адрес шлюза относится к области общей адресации), адресация непосредственно к абонентам ЛВС (в области общей адресации)

признаками: способом внутренней и внешней (со стороны других ЛВС или сетей общего пользования) адресации абонентов; классами сообщений и услуг, обеспечиваемых сетью (приоритетность, временные ограничения, многопунктовые, широковещательные и др.); временами ответа для внешних абонентов; скоростями передачи сообщений или пакетов в единицах пакет/сообщение; форматами сообщений (фиксированный или переменный); характером изменения производительности сети от нагрузки в течение суток; степенью доступности к сети или к отдельным ее станциям; надежностными параметрами; требованиями к эксплуатации.

Важной характеристикой ЛВС являются также ее территориальные параметры: размеры области, охватываемой одной ЛВС; максимальное расстояние между узлами; общая длина физической среды; максимальное число подключенных станций.

Основные признаки классификации ЛВС и типы ЛВС сведены в табл. 8.3.

8.2. ШИНА СО СЛУЧАЙНЫМ ДОСТУПОМ

8.2.1. Общая характеристика

Стандарты IEEE 802.3, МСC 8802.3 и ЕCMA-80, -81, -82 определяют протоколы и услуги подуровня УДС и физического уровня для ЛВС типа ШСД.

Стандарт МСC 8802.3 разрабатывается на основе стандарта IEEE 802.3 и в целом ориентирован на использование нескольких типов физической среды. Редакция стандарта 1987 г. определяет спецификации и параметры для ЛВС только на основе коаксиального кабеля для скорости 10 Мбит/с в основной полосе частот. Последующие редакции этого стандарта должны расширить его применимость к более широкому набору физических сред и к диапазону скоростей 1...20 Мбит/с.

В ЕCMA указаны протокол и услуги, определенные тремя стандартами: ЕCMA-80 определяет параметры физической среды (коаксиального кабеля), ЕCMA-81 — протокол и услуги физического уровня и ЕCMA-82 — протокол и услуги уровня звена данных.

Протокол подуровня УДС, определяемый перечисленными стандартами, основан на методе КДОН/ОК, который позволяет двум или более станциям коллективно использовать общую физическую среду, организованную в виде шинной магистрали. Каждая станция, имеющая данные для передачи, отслеживает состояние физической среды и при обнаружении отсутствия передач от других станций (период незанятости) помещает свое сообщение в физическую среду последовательно по битам. Если после начала передачи сообщения оно сталкивается с сообщением другой станции, то каждая из этих станций преднамеренно посылает несколько дополнительных битов, чтобы обозначить для всей системы наличие конфликта. После этого станция выжидает в течение случайного промежутка времени, прежде чем повторить попытку передачи.

Архитектура ЛВС рассматриваемого типа соответствует рис. 8.2. В архитектуре предусмотрены четыре вида интерфейсов: между подуровнями УДС и УЛЗ (обеспечивает средства передачи и приема кадров, выдачу процедурам обработки ошибок вышерасположенных уровней информации о состоянии текущих операций); между физическим уровнем и подуровнем УДС (обеспечивает сигналы опознавания

несущей, инициацию передачи, а также средства для передачи двух потоков битов (передаваемого и принимаемого) между двумя уровнями и синхронизацию); интерфейсы ИУД и ИЗС, рассмотренные выше в § 8.1.4.

8.2.2. Структура и формат кадра

Кадр данных подуровня УДС шинной ЛВС с КДОН/ОК содержит восемь полей различной длины (в октетах), расположенных в перечисленной ниже последовательности: преамбула (7), начальный ограничитель кадра (НОК) (1), адрес получателя (АП) (2 или 6), адрес отправителя (АО) (2 или 6), длина кадра (2), данные УЛЗ, заполнение (ЗАП) и контрольная последовательность кадра (КПК).

Каждый октет поля *преамбулы* имеет битовую комбинацию 10101010. Преамбула используется для того, чтобы дать время схемам подуровня ПФС прийти в устойчивый синхронизм с принимаемыми тактовыми сигналами подуровня УДС.

Поле НОК представляет собой двоичную комбинацию 10101011, продолжает выполнять функции преамбулы и означает начало кадра.

Поле АП может указывать индивидуальный адрес станции-получателя кадра или групповой адрес нескольких (возможно всех) станций, которым предназначен данный кадр.

Поле АО указывает адрес станции — отправителя данного кадра.

В зависимости от применения каждое поле адреса (АП и АО) может иметь длину 16 или 48 бит, однако во всех станциях каждой конкретной ЛВС в определенный момент времени поля АП и АО должны иметь одинаковую длину. Первый слева (младший по значимости) бит поля АП служит для различения индивидуального (бит равен 0) и группового или глобального (бит равен 1) адресов. В поле АО этот бит установлен в 0. В 48-битовых полях АП и АО второй слева бит служит для различения локально администрируемого адреса (бит равен 1) и глобально (или универсально) администрируемого адреса (бит равен 0). При групповой адресации второй бит установлен в 1. При широковещательной (глобальной) адресации всех станций ЛВС все биты поля АП установлены в 1.

Поле длины кадра указывает число октетов кадра УЛЗ, содержащегося в поле данных. *Поле данных УЛЗ* содержит целое число (n) октетов данных. Минимальное и максимальное значение n зависит от конкретной реализации и не определяется стандартами. Если число октетов кадра УЛЗ меньше установленного минимального значения n , поле данных расширяется необходимым числом октетов, которые образуют поле ЗАП. Максимальное значение n зависит от максимально допустимого размера кадра и от длины полей АП и АО (16 или 48 бит), принятых в конкретной реализации.

Поле КПК образуется с помощью циклической проверки полей АП, АО, длины кадра, данных УЛЗ и ЗАП с использованием стандартного образующего полинома 32-й степени и служит для проверки безошибочности принятого кадра. Правила формирования КПК определены в НМ МПК по ВТ 55—82 и одноименном проекте СТ СЭВ (см. приложение 2).

Кадр УДС считается недействительным, если: поле данных УЛЗ не вписывается в кадр данных по своей длине; в кадре содержится не целое число октетов; сформированная на приемной станции КПК не совпадает с принятой в кадре КПК. Недействительные кадры УДС не должны передаваться подуровню УЛЗ, но могут быть переданы диспетчеру сети.

8.2.3. Услуги и протокол подуровня УДС

Услуги, обеспечивающие подуровнем УДС, дают возможность подуровню УЛЗ той же станции обмениваться блоками данных с подуровнем УЛЗ другой станции, а также с самим подуровнем УДС. Для обеспечения этих услуг используются два примитива: запрос УДС-ДАННЫЕ и индикация УДС-ДАННЫЕ.

Протокольные операции подуровня УДС по передаче кадров осуществляются независимо от его операций по приему кадров. В каждом из двух направлений (передача, прием) все функции УДС подразделяются на следующие группы: организация/реорганизация данных: формирование/расформирование кадров (определение границ кадра, синхронизация), адресация (обработка адресов получателя (ей) и отправителя), обнаружение ошибок передачи; диспетчеризация доступа к среде: распределение среды (предотвращение конфликтов) и разрешение соперничества (ликвидация возникших конфликтов).

Для реализации перечисленных групп функций в обоих направлениях потока данных в подуровне УДС выделены соответствующие компоненты. При выдаче подуровнем УЛЗ примитива запроса компонент организации данных подуровня УДС формирует на основе полученного сервисного блока данных (СБД) кадр данных, добавляя в начало СБД поля преамбулы, НОК, АП, АО, поле данных кадра, и в конце СБД поля ЗАП (при необходимости) и КПК. Компонент диспетчеризации доступа следит за состоянием среды по сигналу опознавания несущей, выдаваемому ПФС. Если среда свободна, то после короткой задержки, необходимой для стабилизации схем УДС и физической среды (межкадровый интервал), сформированный кадр выдается в физическую среду; ПФС генерирует из битов кадра электрические сигналы в физическую среду и одновременно следит за состоянием среды. Если передача прошла успешно без конфликта, УДС информирует об этом УЛЗ и ожидает от него следующего запроса на передачу.

При занятости среды УДС задерживает передачу своего кадра до ее освобождения, после чего выжидает межкадровый интервал и независимо от состояния сигнала опознавания несущей начинает передачу кадра. После завершения передачи УДС возобновляет наблюдение за сигналом опознавания несущей.

Если после начала передачи кадра в среде обнаруживается наличие кадра другой станции, подуровень ПФС включает сигнал обнаружения конфликта. По этому сигналу подуровень УДС продлевает конфликтную ситуацию для уверенного ее опознавания всеми станциями ЛВС, вводя в среду битовую комбинацию «искажение», длительность и содержимое которой определяется конкретной реализацией. После этого подуровень УДС прерывает передачу своего кадра и с некоторой отсрочкой осуществляет попытку повторной передачи кадра.

Время, в течение которого станция может обнаружить передачу, называется *окном конфликтов*. Длительность окна конфликтов должна определяться суммарным временем распространения сигналов по физическому уровню (подуровням ПФС, ИУД, МДС) и по физической среде. Считается, что после прохождения передаваемым кадром окна конфликтов станция захватывает среду, поскольку за это время все остальные станции должны обнаружить наличие передачи в среде по опознаванию несущей.

Максимальное установление стандартам число попыток повторной передачи кадра равно 16. После безуспешного их выполнения

должна нивелироваться ошибка. До завершения этих попыток никакие другие кадры не должны передаваться.

Временное расписание повторных передач определяется на основе так называемого *усеченного экспоненциального двоичного алгоритма отсрочки*. Длительность отсрочки перед n -й попыткой повторной передачи — случайная величина r с равномерным распределением в диапазоне $0 \leq r < 2^k$, где $k = \min(n, 10)$. После 10-й попытки значение r не увеличивается, но остается случайной величиной. Алгоритм выработки величины r должен минимизировать корреляцию между ее значениями в двух станциях в определенный момент времени и с каждой повторной попыткой (до 10-й включительно) увеличивать длительность случайной отсрочки для снятия перегрузки физической среды.

Динамика обработки конфликта в значительной степени определяется одним параметром, называемым *интервалом усечения кадра*, длительность которого должна быть не менее суммы окна конфликта и максимального времени искажения. Этот параметр определяет три важные функции обработки конфликта. Он является верхней границей времени захвата физической среды станцией, верхней границей фрагмента кадра, вырабатываемого конфликтом, минимальным квантом временного расписания повторных передач и определяет минимально допустимый размер действительного кадра УДС.

На приемной стороне поступление кадра обнаруживается подуровнем ПФС, который включает сигнал опознавания несущей, кодирует поступающие сигналы в последовательность битов кадра и передает их в УДС. Приемный компонент диспетчеризации доступа по сигналу опознавания несущей начинает прием и накопление битов из ПФС. При совпадении поля АП кадра с адресом данной станции компонент реорганизации данных удаляет поля преамбулы и НОК, проверяет поле КПК и действительность кадра и при отсутствии ошибок передает подуровню УЛЗ поля АП, АО и поле данных вместе с кодом состояния, указывающим завершение приема или чрезмерную длину кадра. В последнем случае подуровень УДС в зависимости от реализации может оборвать конец кадра и оповестить об этом как об ошибке. Если длина принятого кадра не кратна длине октета, УДС может удалить концевые биты кадра до ближайшей границы октета.

Наименьшая длина действительного кадра должна быть не менее окна конфликтов. Любой кадр меньшей длины считается оборванным в результате конфликта и, поскольку появление таких кадров счита-

Т а б л и ц а 8.4. Параметры протокола подуровня УДС шины КДОН/ОК

Параметр	Значение
Интервал усечения кадра, бит интервал	512
Минимальная длина кадра, бит (октет)	512(64)
Межкадровый интервал, мс	9,6
Максимальное число попыток повторной передачи	16
Максимальное число возражений отсрочки	10
Длина искажения, бит	32
Максимальная длина кадра, октет	1518
Длина адреса, бит	48

ется обычным явлением, об их поступлении и аннулировании подуровень УЛЗ не информируется.

В табл. 8.4 приведены параметры, которым должна соответствовать система, реализующая метод КДОН/ОК и использующая в качестве физической среды коаксиальный кабель, обеспечивающий скорость 10 Мбит/с в основной полосе частот. Отклонения от этих параметров могут привести к системной реализации, не соответствующей стандарту.

8.2.4. Услуги и протокол физического уровня

Подуровни ПФС и ИУД в совокупности образуют интерфейс между УДС и МДС, который обладает следующими свойствами: допускает одну или несколько специфицированных скоростей передачи; обеспечивает передачу данных по кабелю длиной до 50 м; позволяет ООД тестировать ИУД, кабель ИУД, УСС и саму среду; обеспечивает поддержку различных УСС для коаксиального кабеля основной полосы частот, широкополосного и волоконно-оптических кабелей и независимость ООД от типа физической среды.

Каждое из двух направлений передачи обслуживается двумя сбалансированными цепями «данные» и «контроль», каждая — с независимой самосинхронизацией.

При обеспечении услуг физического уровня подуровню УДС используются служебные примитивы двух категорий: примитивы, обеспечивающие взаимодействие двух УДС различных станций (ПФС-ДАННЫЕ), и примитивы локальной значимости, обеспечивающие взаимодействие двух подуровней одной станции (ПФС-НЕСУЩАЯ и ПФС-СИГНАЛ).

Кадр, передаваемый через ИУД, должен иметь следующую структуру. Поле «молчание» обеспечивает *окно наблюдения*, в течение которого никакой передачи не происходит. Длина этого поля не определена стандартом. Поле «конечный ограничитель кадра» указывает окончание передачи и служит для выключения передатчика. Сигналы этого поля должны иметь постоянный высокий уровень и передаваться в течение не менее двух битовых периодов. Приемник должен обнаружить этот сигнал за 1,6 битовых периода. Остальные поля кадра физического уровня аналогичны соответствующим полям кадра УДС.

Интерфейс ИУД может работать в двух режимах: *нормальном*, когда ИУД логически подключен к ИЗС и ООД всегда функционирует в соответствии с алгоритмом доступа к среде, и *мониторном*, когда передатчик УСС логически отключен от среды и УСС лишь следит за состоянием среды, но при этом выполняет функции ввода и обработку ошибок качества сигнала.

При включении питания станции, а также при приеме от ДИСП сигнала «Запрос сброса» ПФС выполняет функции сброса и идентификации, которые инициируют выполнение пяти основных функций ПФС, выполняемых асинхронно и независимо друг от друга: вывод, ввод, режим работы, обнаружение ошибок и опознавание несущей. При выполнении этих функций ПФС обменивается с УДС, МДС и ДИСП последовательностью стандартных сообщений, передаваемых через ИУД. Основная цель этих функций — обеспечение, по возможности, независимости УДС от различий в типах физической среды.

Для передачи сигналов данных через ИУД используется *манчестерский код*. Каждый битовый сигнал исходного двоичного кода разбивается на две половины, при этом поляриность второй половины

сигнала всегда обратна полярности первой его половины. Первая половина битового сигнала «1» имеет отрицательную полярность (низкий уровень), битового сигнала «0» — положительную полярность (высокий уровень). Пример манчестерского кодирования сигналов приведен на рис. 8.3.

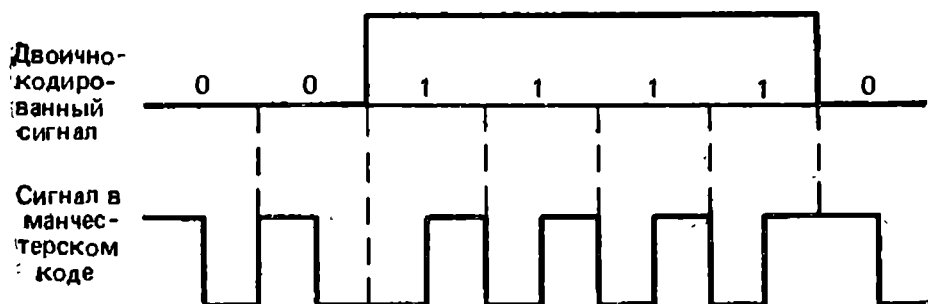


Рис. 8.3. Пример манчестерского кодирования сигналов

8.2.5. Спецификации УСС и физической среды

Подуровень УСС обеспечивает: подключение ПФС через ИУД к системе коаксиального кабеля основной полосы частот; передачу трафика со скоростью 10 Мбит/с (с возможностью расширения набора скоростей в будущем); передачу данных по кабелю до 500 м без повторителей; тестирование УСС и самой среды; со стороны ООД шинную конфигурацию ЛВС с использованием метода КДОН/ОК в основной полосе частот.

Для реализации перечисленных возможностей МДС выполняет пять основных функций: передачу сигналов, прием сигналов, обнаружение конфликтов, переход в мониторинг режим и прерывание слишком длинного потока данных.

В начале передачи МДС может принять из ПФС не более 2 бит до их передачи в физическую среду, а в начале приема — не более 5 бит до их передачи в ПФС. При отсутствии конфликта из среды должен поступать сигнал ПУСТО, при наличии конфликта в течение не более 9 битовых интервалов — периодический синусоидальный сигнал с частотой, соответствующей номинальной битовой скорости $\pm 15\%$.

Функция прерывания длинных потоков данных устанавливает окно передачи в пределах 20...150 мс. Если длина передаваемого кадра не вписывается в это окно, этот кадр обрывается. Повторитель обеспечивает передачу сигналов по кабелю на дальность 500 м. Максимальное расстояние между двумя УСС при использовании нескольких повторителей — 2,5 км.

Интерфейс между УСС и магистральным кабелем имеет следующие основные электрические характеристики:

Параметр	Значение
Диапазон сигналов манчестерского кода, В	От 0 до $-2,5$
Ток, поступающий в УСС от источника ИУД, А . . .	$\leq 0,5$
Диапазон тока между кабелем и УСС при отсутствии передачи, мкА	От -25 до $+2$

Фазовое искажение передаваемого/принимаемого сигнала в УСС, нс	$\pm(3,5/10,5)$
Шунтирующая емкость от УСС для кабеля, пФ . . .	≤ 2
Общая емкостная нагрузка кабеля от УСС и механического соединителя, пФ	≤ 4
Шунтирующее сопротивление, вводимое в кабель схемами УСС в диапазоне напряжений 0...—4 В, кОм .	≥ 20

УСС рекомендуется размещать не далее 30 м от магистрального кабеля с целью минимизации шунтирующей емкости УСС и сохранения линейных характеристик кабеля. Характеристики магистрального кабеля стандартизованы публикацией МЭК 96—1, определяющей следующие основные электрические и механические параметры кабеля.

Параметр	Значение
Среднее значение импеданса, Ом	50 ± 2
Петлевое сопротивление по постоянному току, Ом/сегмент	≤ 5
Затухание в сегменте кабеля длиной 500 м на частоте 10/5 МГц, дБ/км	$\leq 8,5/6$
Максимальное время распространения сигналов в сегменте кабеля длиной 500 м, нс	2165
Диаметр экрана кабеля внутренний/внешний, мм . .	2,17,6,15
Радиус изгиба кабеля, мм	≤ 254

Каждый 500-метровый сегмент кабеля должен заканчиваться терминаторами с целью согласования импедансов и минимизации отражения сигналов от концов кабеля. К одному сегменту кабеля может быть подключено до 100 станций. Станции подсоединяются к кабелю с помощью разрыва кабеля или его прокалывания контактной иглой. Во втором случае используется *коаксиальный отводный соединитель*. Для подключения терминаторов, соединения отдельных участков кабеля между собой, а также для подключения УСС к кабелю методом его разрыва используются соединители N-типа, стандартизованные публикацией МЭК 169/16.

8.2.6. Принципы и пример построения сети

Сеть может строиться на основе двух типов сегментов: коаксиального и канального.

Магистральный коаксиальный кабель длиной 500 м с терминаторами на концах образует *коаксиальный сегмент*. Пример построения минимальной конфигурации сети на базе одного сегмента показан на рис. 8.4. Максимальная задержка распространения сигналов в таком сегменте составляет 2165 мс.

Для построения сети из нескольких сегментов и для взаимосвязи сегментов используются повторители. Двухпунктовое звено с повторителями на каждом конце образует *канальный сегмент*. Максимальная задержка распространения сигналов в канальном сегменте составляет 2570 мс. К канальному сегменту не разрешается подключать станции.

Пример построения двухразмерной сети с тремя сегментами (двумя коаксиальными и одним канальным) показан на рис. 8.5.

Максимально допустимый тракт между двумя станциями может содержать пять сегментов, в том числе три коаксиальных и два канальных. Суммарная задержка кругового обхода в сети должна

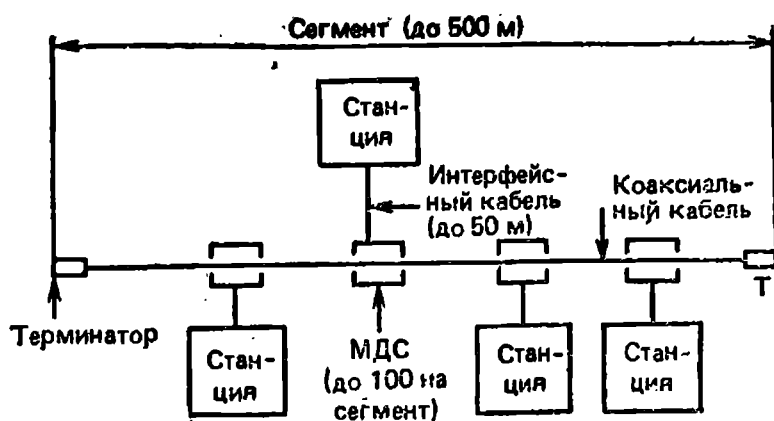


Рис. 8.4. Пример минимальной конфигурации сети ШСД

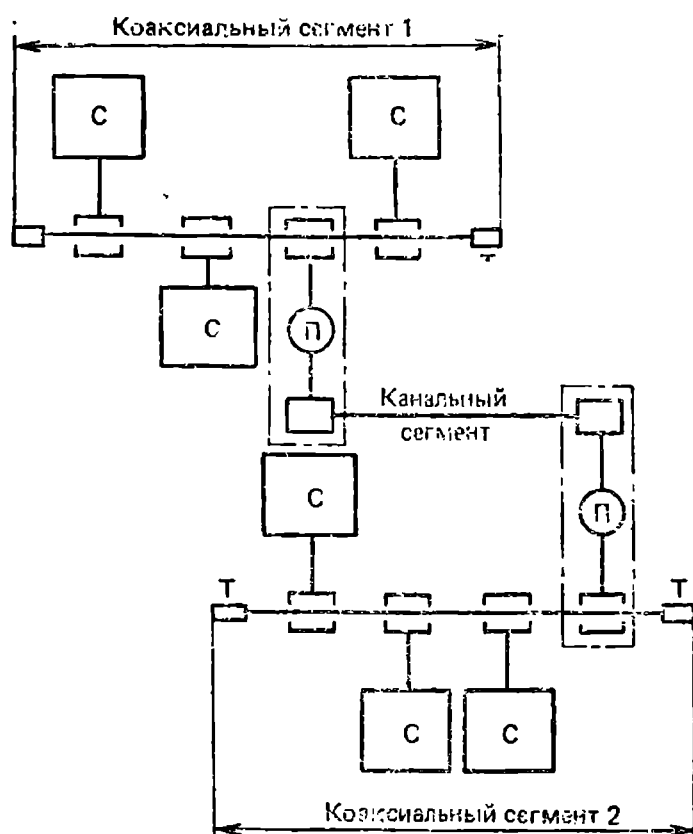


Рис. 8.5. Пример сети ШСД с тремя сегментами:
С — станция; Т — терминатор; П — повторитель

быть менее 51,2 мкс. При построении сети и расчете ее характеристик следует учитывать, что максимальное расстояние между передатчиком и приемником ИУД составляет 50 м, скорость распространения сигналов по кабелю ИУД — минимум $0,65C$ ($C=300\,000$ км/с), а максимально допустимая задержка в кабеле ИУД — 275 мс.

Изложенные выше правила и принципы положены в основу по-

Т а б л и ц а 8.5. Основные характеристики сети Ethernet

Параметр	Значение
Скорость передачи, Мбит/с	10
Размер пакета (кадра), байт:	
максимальный	1526
минимальный	72
Длина адресного поля, бит	48
Длина поля данных, байт	46...1500
Минимальный межкадровый интервал, мс	9,6
Время распространения сигнала от передатчика к приемнику и обратно, мс	≤51,2
Длительность битового интервала, нс	100±0,01%

строения сети Ethernet, основные характеристики которой приведены в табл. 8.5.

Формат кадра УДС сети Ethernet имеет ряд отличий от стандартного. В частности, в кадре УДС сети Ethernet отсутствуют поля НОК и ЗАП, а вместо поля длины кадра используется двухоктетное поле типа данных, которое определяет правила обработки поля данных и используется для интерпретации типа протокола вышерасположенного уровня, относящегося к данному кадру.

8.3. ШИНА С МАРКЕРНЫМ ДОСТУПОМ

8.3.1. Общая характеристика

Стандарты IEEE 802.4, МСC 8802.4 и ЕСМА-90 определяют протоколы и услуги подуровня УДС, физические уровни и параметры физической среды ЛВС типа ШМД. Перечисленные основополагающие стандарты ориентированы на использование физической среды широковещательного типа, где каждая подключенная к ней станция может воспринимать все проходящие по среде сигналы.

Основные принципы управления доступом в ЛВС ШМД состоят в следующем. Для обеспечения станциям ЛВС доступа к физической среде по шине непрерывно передается кадр маркера строго заданного формата. Передача кадра маркера происходит от одной станции к другой в последовательности убывания их адресов с циклическим возвратом от станции с самым младшим адресом к станции с самым старшим адресом. Такая циркуляция кадра маркера формирует логическое кольцо физической шины, изображенное на рис. 8.6.

Последовательность расположения станций в логическом кольце не обязательно должна соответствовать последовательности их физического размещения на шине. Станции, не входящие в состав логического кольца (станции Н и F на рис. 8.6), не могут передавать кадр маркера и инициировать передачу данных, однако они могут принимать кадры данных от других станций, отвечать на них и включаться в логическое кольцо при получении разрешения.

Станция, «захватившая» маркер, сразу же получает доступ к фн-

зической среде. В ЛВС ШМД не предусмотрена станция-монитор, управляющая работой логического кольца. Ее функции выполняет в каждый данный момент станция, владеющая кадром маркера. Архитектура ЛВС ШМД соответствует рис. 8.2.

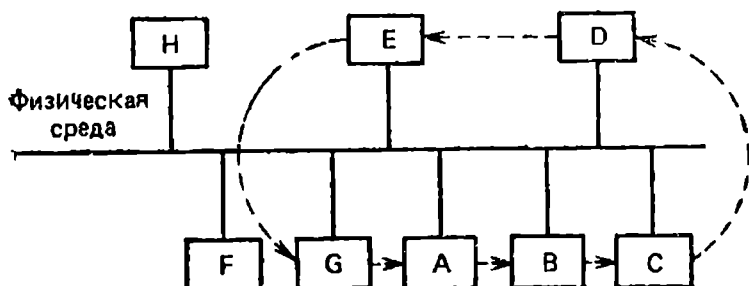


Рис. 8.6. Логическое кольцо физической шины

8.3.2. Типы и форматы кадров

Вся информация на подуровне УДС должна передаваться в виде кадров и заполнителя. Различают три основных типа кадров: кадры данных, маркера и прерывания. *Кадр данных* содержит восемь полей различной длины (в октетах), расположенных в перечисленной последовательности: преамбула (7), начальный ограничитель (НО) (1), управление кадром (УК) (1), АП (2 или 6), АО (2 или 6), поле данных, КПК (4) и конечный ограничитель (КО) (1). *Кадр маркера* содержит семь полей, расположенных в такой последовательности: преамбула, НО, 00001000, АП, АО, КПК и КО. *Кадр прерывания* содержит два поля: НО и КО. Все кадры должны передаваться, начиная с крайнего левого поля, в последовательности их расположения. Поля кадров должны передаваться последовательно по битам, начиная с крайнего левого (старшего по значимости) бита. В кадре данных число октетов между полями НО и КО не должно превышать 8191.

Преамбула должна предшествовать каждому передаваемому кадру данных и содержать от одного до нескольких октетов символов-заполнителей в зависимости от скорости передачи данных и применяемого метода модуляции сигналов. Она обеспечивает битовую синхронизацию приемного модема, а также минимально необходимый межкадровый промежуток времени для обработки станцией ранее переданного кадра. Длительность преамбулы должна быть не менее 2 мкс.

Поле НО представляет собой комбинацию символов NNONN000, где N — символ «не данные».

Поле УК кодируется в зависимости от типа передаваемого кадра данных: кадр «управление УДС», кадр «данные», кадр специального назначения.

В кадре «управление УДС» в зависимости от вида управления поле УК кодируется следующим образом: 00000000 — заявка маркера; 00000001 — запрос приемника 1; 00000010 — запрос приемника 2; 00000011 — кто следующий?; 00000100 — разрешение соперничества; 00001000 — кадр маркера; 00001100 — установить приемника.

Кадр «заявка маркера» содержит поле данных произвольной длины, которая должна быть кратна октету и равняться 0, 2, 4 или 6

временам ожидания ответа. В кадре «запрос преемника 1» поле АП содержит адрес следующей станции и отсутствует поле данных. За этим кадром должно следовать одно окно ответа. В кадре «запрос преемника 2» поле АП содержит адрес следующей или собственной станции и отсутствует поле данных. За этим кадром должно следовать два окна ответа. В кадре «кто следующий?» поле данных содержит адрес следующей станции, длина и формат которого те же, что и у поля АО. За этим кадром должны следовать три окна ответа. Кадр «разрешение соперничества» не содержит поля данных. За ним должны следовать четыре окна ответа. В кадре «установить преемника» в поле АП содержится поле АО последнего принятого кадра, а в поле данных — адрес следующей или собственной станции.

В кадре «данные» поле УК кодируется FFMMMPRR, где FF = 01 — кадр данных УЛЗ, FF = 10 — кадр данных ДИСП, FF = 11 — кадр специального назначения (зарезервировано для будущего использования); MMM = 000 — запрос, не требующий ответа; PRR — биты приоритетности, кодируются от 000 (наименший приоритет) до 111 (наивысший приоритет).

Поля АП, АО и КПК кодируются аналогично соответствующим полям кадра УДС в ЛВС шинного типа с КДОН/ОК.

Поле данных в зависимости от кода поля УК содержит следующую информацию: протокольный блок данных УЛЗ, подлежащий передаче УЛЗ другой станции; данные ДИСП УДС, подлежащие передаче логическому объекту ДИСП УДС другой станции; параметры, специфичные для одного из кадров «управление УДС».

Поле КО кодируется NNINNE, где N — символ «не данные»; I — бит промежуточного кадра (I = 1 — продолжение передачи следует, I = 0 — последний кадр), E — бит ошибки (E = 0 — нет ошибок, E = 1 — ошибка в кадре).

Кадр прерывания выдается станцией, которая желает прервать текущую передачу кадра. Кадр прерывания вводится также ретранслятором при обнаружении им неправильно закодированной последовательности. В поток данных кадр прерывания должен вводиться начиная с границы октета. Поля АО и КО в кадре прерывания кодируются так же, как и в кадре данных.

Кадр считается недействительным при выполнении любого из следующих условий: он определен как таковой физическим уровнем (например, содержит все символы «не данные» или недействительные символы); его длина не кратна октету; он не содержит все необходимые поля или его поля расположены в неправильной последовательности; при вычислении поля КПК значение остатка не соответствует требуемому; поле УК содержит неопределенную битовую комбинацию; бит E (ошибка) в поле КО указывает на наличие в кадре ошибки.

8.3.3. Услуги и протокол подуровня УДС

Подуровень УДС обеспечивает два вида услуг: услуги подуровню УЛЗ своей станции и услуги ДИСП. Запрашиваемое УЛЗ и обеспечиваемое УДС качество услуг включает приоритетность передачи данных и необходимость подтверждения доставки данных с требуемым качеством услуг.

В протоколе подуровня УДС используются шесть символов УДС: 0 — ноль, 1 — единица, N — не данные; P — заполнитель, S — мол-

чение, В — искаженный сигнал. Номинальное время передачи символа УДС (в мкс) определяется как инверсия используемой скорости передачи (в Мбит/с).

Каждая станция ЛВС ШМД должна знать адреса своего предшественника (станцию, которая передает ей маркер) и своего преемника (станцию, которой она передает маркер) по логическому кольцу. Эти адреса могут динамически изменяться в процессе работы ЛВС. При этом подуровень УДС станции, у которой изменился адрес преемника, должен оповестить об этом диспетчера своей станции.

При включении питания станция вначале входит в автономное состояние, из которого она должна быть переведена в дежурное состояние путем загрузки в нее базовых операционных параметров, включая собственный адрес, длину адреса, значения тайм-аутов, время ожидания ответа T_0 , допустимые значения задержек и др.

Новые станции вводятся в логическое кольцо под управлением процесса соперничества с использованием окон ответа. Станция, желающая войти в логическое кольцо, анализирует состояние физической среды и задерживает свою следующую передачу на время $(0...3) T_0$ (задержка требования). Если станция обнаружила передачу в физической среде во время задержки требования, она продолжает следить за ней до конца и по истечении этой задержки. При незапнятой среде станция посылает один из двух управляющих кадров: «запрос преемника 1» или «запрос преемника 2».

Кадр «запрос преемника 1» определяет одно окно ответа и разрешает выдать ответ только одной станции, адрес которой меньше адреса передающей станции.

Кадр «запрос преемника 2» определяет два последующих окна ответа: первое для ответа от станции с меньшим адресом, второе для станции с большим адресом в логическом кольце.

В случае обнаружения конфликтной ситуации спрашивающая станция посылает управляющий кадр «разрешение соперничества». На этот кадр могут отвечать только те станции, которые отвечали на предыдущий запросный кадр, причем с различными заранее определенными задержками.

Станция может выйти из логического кольца по своей инициативе, не отвечая на переданный ей маркер или, если она владеет маркером, посылв своему предшественнику кадр «установить преемника».

Процесс соперничества станций за включение в логическое кольцо должен состоять из N циклов передачи и задержки требования, где $N = LAO/2 + 1$, LAO — длина поля АО в битах.

Для разрешения конфликтных ситуаций в кольце используются дополнительные биты случайной значимости адреса станции. При этом станция, имеющая большую длину адреса, а следовательно и кадра данных, побеждает в соперничестве.

По истечении на какой-либо станции тайм-аута неактивности эта станция посылает кадр «заявка маркера». Если по истечении времени ожидания ответа среда остается неактивной или обнаружены неприятные сигналы (конфликтная ситуация), станция повторно посылает кадр «заявка маркера» с добавлением к своему адресу двух дополнительных битов. Процесс разрешения соперничества, как и при входе станций в логическое кольцо, должен состоять из N циклов.

Если станция, получившая по логическому кольцу обратно свой кадр, определяет наличие передачи в среде, она уступает право заявки маркера другим станциям, имеющим более длинный кадр. Станция может начинать передачу своих данных только в рамках тайм-

аута удержания маркера. По истечении этого тайм-аута станция может продолжать передачу начатого кадра до его конца, если только его длина не превышает максимально установленной.

После завершения передачи данных и передачи кадра маркера своему преемнику станция следит за наличием передачи данных в физической среде. При обнаружении пакета ошибочных сигналов или кадра с неправильной КПК она выдерживает временной интервал, равный $4T_0$. Если и по истечении этого интервала станция не обнаружит действительного кадра, она предполагает, что в среде циркулирует ее собственный искаженный кадр маркера и повторно передает кадр маркера. Если по истечении следующего такого же интервала времени станция ничего не обнаружит в среде, она предполагает, что ее преемник неисправен и посылает управляющий кадр «кто следующий?» с адресом нового преемника в поле данных. Та станция, которая в этом адресе опознала своего предшественника, сообщает передающей станции свой адрес в управляющем кадре «установить преемника». Тем самым станция — держатель маркера — устанавливает своего нового преемника, а неисправную станцию удаляет из логического кольца.

Если на двухразовую передачу кадра «кто следующий?» станция не получила ответа, она посылает кадр «запрос преемника 2» с собственным адресом в полях АП и АО, предлагая любой станции ответить ей. Станция, желающая передавать данные, должна в интервале окна ответа послать ответ на этот кадр, после чего логическое кольцо восстанавливается.

Если все попытки установить преемник оказались безуспешными, станция прекращает действия по восстановлению логического кольца и наблюдает за состоянием физической среды.

В ЛВС ШМД предусмотрен (факультативно) механизм назначения *приоритетности передачи кадров* вышерасположенных уровней. Предусмотрено восемь классов услуг (0...7), кодируемых в поле УК кадра тремя битами. Подуровень УДС преобразует эти восемь классов услуг в четыре класса доступа, обозначаемые 0, 2, 4 и 6, путем игнорирования младших по значимости битов поля УК. Для каждого класса доступа диспетчером станции установлено свое максимальное время циркуляции маркера по кольцу. По его истечении станция должна прекратить передачу своих кадров.

8.3.4. Протокол физического уровня и спецификация физической среды

Физический уровень обеспечивает услуги подуровню УДС своей станции и ДИСП. Протокол физического уровня ориентирован на использование в качестве физической среды полужесткого коаксиального 75-омного магистрального кабеля. Протокол допускает использование трех методов кодирования символов УДС в указанном типе среды и соответственно трех различных типов логических объектов физического уровня: фазонепрерывной модуляции (Phase Continuous FSK); фазокогерентной модуляции (Phase Coherent FSK); многоуровневой двубинарной АФМ (Multilevel Duobinary AM/PSK).

Основные характеристики физических интерфейсов и физического уровня ЛВС ШМД для трех перечисленных методов кодирования сигналов приведены в табл. 8.6.

При использовании метода *фазонепрерывной модуляции сдвигом*

Таблица 8.6. Характеристики физических

Характеристика	Модуляция
	фазонепрерывная сдвигом частоты
Скорость передачи, Мбит/с	$1 \pm 0,01$ % для станции-отправителя, $1 \pm 0,015$ % для станции ретранслятора
Кодирование символов УДС:	
нуль, 000...	HL HL HL...
единица, 111...	LH LH LH...
не данные, NNN...	LL HH LH...
заполнитель, PPP...	LH HL LH...
молчание, SSS...	ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ...
Тип физической среды	Ненаправленный коаксиальный 75-омный кабель
Ответвительный кабель	Коаксиальный гибкий тупиковый длиной до 350 мм сопротивлением 35...50 Ом
Соединитель со станцией	Вилка серии BNS сопротивлением 50 Ом
Соединитель с магистралью	50-омный Т-образный ненаправленный пассивный, без согласования импедансов
Поддержание синхронизации	Переходами уровней сигналов манчестерского кода
Спецификация модема	V.36 МККТТ
Несущая частота, МГц	5
Уровень передачи, дБ	+54...+60
Чувствительность приемника, дБ	+24...+60
Максимальный коэффициент стоячей волны на соединителе с ответвлением	$\leq 1,5:1$ при активной нагрузке 37,5 Ом в спектре частот 3...7 МГц
Остаточный выходной сигнал выключенного передатчика, дБ	≤ -26

частоты физическая среда представляет собой неразветвленный магистральный кабель, к которому станции подключаются с помощью очень коротких (до 350 мм) тупиковых ответвительных кабелей сопротивлением 35...50 Ом через пассивные Т-образные соединители серии BNS. Расширение топологии шины до разветвленной может осуществляться использованием регенеративных повторителей (РП). Магистральный кабель должен иметь на обоих концах терминаторы с согласованным импедансом. Поскольку уровни передачи не превышают 60 дБ, номинальные мощности 0,25 Вт считаются достаточными. Ответвительные кабели должны представлять высокий шунтирующий импеданс для Т-образных соединителей и не должны иметь терминаторов. Линейный сигнал в магистральном кабеле представляет собой фазомодулированный сигнал с несущей частотой 5 МГц.

Каждый символ УДС перекодируется на интерфейсе с физичес-

фазокогерентная сдвигом частоты	многоуровневая двубинарная амплитудно-фазовая
5 и $10 \pm 0,01$ % для станции отправителя, 5 и $10 \pm 0,015$ % для станции-ретранслятора	$1 \pm 0,005$ %, $5 \pm 0,005$ %, $10 \pm 0,05$ %
НН НН НН...	$\frac{4}{0} \frac{4}{0} \frac{4}{0} \dots$
ЛЛ ЛЛ ЛЛ...	$\frac{0}{2} \frac{0}{2} \frac{0}{2} \dots$
НЛ НЛ НЛ...	$\frac{2}{4} \frac{2}{0} \frac{2}{4} \dots$
ЛЛ ЛЛ ЛЛ...	$\frac{4}{2} \frac{0}{2} \frac{4}{2} \dots$
ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ ВЫКЛ...	$\frac{2}{2} \frac{2}{2} \frac{0}{0} \frac{4}{4} \dots$
Ненаправленный коаксиальный 75-омный кабель	Двухнаправленный коаксиальный 75-омный кабель
Коаксиальный гибкий тупиковый длиной до 30 м сопротивлением 75 Ом	Коаксиальный гибкий тупиковый длиной до 30 м сопротивлением 75 Ом
Гнездо серии F сопротивлением 75 Ом	Гнездо серии F сопротивлением 75 Ом
75-омный пассивный ненаправленный согласующий импедансы тройник	75-омный пассивный направленный согласующий импедансы тройник
Пересечением нулевого уровня принимаемых сигналов	Переходами уровней принимаемых сигналов
V 36 МККТТ	N.14 МККТТ
2...30	1, 5, 6, 12
+60...+63	(см. табл. 8.7)
-15...+66	(см. табл. 8.7)
$\leq 1,5 : 1$ при активной нагрузке 75 Ом в спектре частот от 2 до 30 МГц	$\leq 1,5 : 1$ при активной нагрузке 75 Ом в спектре частот 5...450 МГц
≤ -28	≤ 70 (относительно модулируемого сигнала)

ким уровнем в один или несколько символов физического уровня (ФИЗ) из набора: Н, Л, ВЫКЛ. Соответствие символов ФИЗ символам УДС указано в табл. 8.6. Символы ФИЗ поступают на вход двухтонального модулятора, где символ Н преобразуется в тональную частоту $6,25 \pm 0,08$ МГц, символ Л — в тональную частоту $3,75 \pm 0,08$ МГц, символ ВЫКЛ представляется отсутствием сигнала. Переход между двумя частотами должен осуществляться непрерывно и монотонно в пределах до 100 нс с максимально допустимым искажением амплитуды 10 %.

Символы ЗАП, в совокупности образующие преамбулу каждого кадра, обеспечивают подготовку приемника и ненулевой межкадровый интервал. Эти символы кодируются и декодируются как чередующаяся последовательность двочных нулей и единиц.

В методе фазокогерентной модуляции сдвигом частоты физичес-

кая среда представляет собой магистральный кабель, к которому станции подключаются через ответвительные кабели небольшого диаметра сопротивлением 75 Ом и согласующие импеданс ненаправленные соединители серии F.

С помощью распределителей мощности возможно разветвление как магистрального, так и ответвительных кабелей с образованием древовидного соединения без корневого узла. Расширение топологии за пределы, обеспечиваемые приемниками и передатчиками станций, возможно при использовании активных регенеративных повторителей, включаемых последовательно в кабельную магистраль.

На обоих концах магистрального кабеля, на станционном конце ответвительного кабеля и на всех неиспользуемых входах соединителя должны быть установлены согласующие импеданс 75-омные терминаторы. Поскольку уровни передачи составляют примерно 60 дБ, номинальная мощность 0,25 Вт считается достаточной.

В рассматриваемом методе используется прямое кодирование символов «данные» и «не данные». При этом используются две частоты модуляции: нижняя 1 Гц/(бит·с⁻¹) (5 МГц при 5 Мбит/с и 10 МГц при 10 Мбит/с) и верхняя 2 Гц/(бит·с⁻¹) (10 МГц при 5 Мбит/с и 20 МГц при 10 Мбит/с) — с изменением частоты при переходе модулируемого сигнала через нулевой уровень.

Символы H, L и ВЫКЛ должны преобразовываться на физическом уровне в линейный сигнал следующим образом: символ H должен быть представлен полным циклом сигнала, равным половине периода символа УДС; L — половиной цикла сигнала, равной периоду символа УДС, с изменением фазы на каждом полуцикле; ВЫКЛ — отсутствием сигнала в течение половины периода символа УДС. Использование символов ЗАП аналогично предыдущему методу.

Метод *многосуровневой двубинарной АФМ* позволяет организовать широкополосную шину на основе двунаправленной (с разделением частот) системы коаксиального кабеля, или двухкабельных однопроводных систем, или сочетания обоих типов систем.

Двунаправленная система использует двунаправленные усилители, которые фактически образованы из двух однопроводных усилителей с фильтрами перекрестных помех. Один из этих усилителей передает верхнюю часть кабельного спектра сигналов в прямом направлении, другой — нижнюю часть спектра в обратном направлении (к станции-распределителю). Станции подключаются к такой системе с помощью ответвительных кабелей небольшого диаметра через согласующие импеданс пассивные соединители серии F с высокой направленностью передачи сигналов. Двухкабельные системы используют обычные стандартные соединители, ответвители, усилители и коаксиальные кабели.

Оба типа систем обеспечивают трехуровневую двубинарную АФМ и способны передавать информацию со стандартной частотой 1 символ УДС на 1 Гц. Возможна также организация передачи с более высокими частотами: 2 и 4 символа УДС на 1 Гц.

Каждый символ УДС кодируется на интерфейсе с физическим уровнем в один или несколько символов ФИЗ из набора: 0, 2, 4. Соответствие символов ФИЗ символам УДС указано в табл. 8.6.

Модулятор преобразует символы ФИЗ в трехуровневые АФМ-сигналы, где амплитуда каждого импульса прямо пропорциональна цифровому значению соответствующего символа ФИЗ: 0 — минимальная амплитуда, 4 — максимальная амплитуда, 2 — средняя амплитуда.

Система обеспечивает три стандартные скорости передачи данных:

Таблица 8.7. Частотно-амплитудные параметры системы с АФМ

Скорость передачи, Мбит/с	Требуемая полоса частот, МГц	Диапазон выходного уровня передаваемого сигнала, дБ	Диапазон уровней сигналов на входе в станцию, дБ
1	1,5	+24...44	-16...+4
5	6	+30...50	-10...+10
10	12	+33...53	-7...+13

1, 5 и 10 Мбит/с, каждая с допуском $\pm 0,005\%$. Частотно-амплитудные параметры сигналов системы с АФМ для каждой скорости передачи приведены в табл. 8.7. Минимально допустимые длины пре-

Таблица 8.8. Минимально допустимые длины преамбулы в системе АФМ

Скорость передачи, Мбит/с	В начале передачи		Между кадрами	
	Число символов УДС	Время передачи, мкс	Число символов УДС	Время передачи, мкс
1	32	32,0	8	8,0
5	32	6,4	16	3,2
10	32	3,2	24	2,4

амбулы в системе с АФМ для каждой скорости передачи приведены в табл. 8.8.

Во всех трех рассмотренных методах кодирования сигналов в ЛВС ШМД для защиты сети от возможных неисправностей станций каждая станция выполняет сторожевую функцию в отношении своего передатчика: если передатчик не выключается после установленного периода времени (примерно полсекунды), его выход автоматически блокируется, по меньшей мере до окончания передачи.

8.4. КОЛЬЦО С МАРКЕРНЫМ ДОСТУПОМ

8.4.1. Общая характеристика

Стандарты IEEE 802.5, МОС 8802.5 и ЕСМА-89 определяют протокол и услуги подуровня УДС и физического уровня ЛВС типа КМД к физической среде. Конфигурация ЛВС КМД представлена на рис. 8.7.

Основные принципы управления доступом в ЛВС КМД состоят в следующем. Для обеспечения станциям ЛВС доступа к физической среде по кольцу циркулирует кадр маркера строго заданного формата. При получении кадра маркера станция анализирует его, при необходимости модифицирует и при отсутствии у нее данных для передачи обеспечивает его дальнейшее продвижение к следующей станции. Станция, которая имеет данные для передачи, при обнаружении кадра маркера изымает его из кольца, что обеспечивает ей право на доступ к физической среде и передачу своих данных.

Станция, получившая право на передачу данных, выдает в кольцо кадр данных установленного формата последовательно по битам (при временной неготовности у такой станции данных для передачи она передает заполнитель). Переданные данные проходят по кольцу

всегда в одном направлении последовательно от одной станции к другой.

При поступлении кадра данных к адресуемой(ым) станции(ям) она(и) «копирует(ют)» для себя этот кадр и выдает(ют) подтверждение приема. Станция, выдавшая кадр данных в кольцо, при обратном его получении с подтверждением приема изымает этот кадр из кольца и выдает новый кадр маркера для обеспечения возможности другим станциям ЛВС передавать данные. Время удержания одной станцией маркера и занятости ею кольца ограничивается тайм-аутом

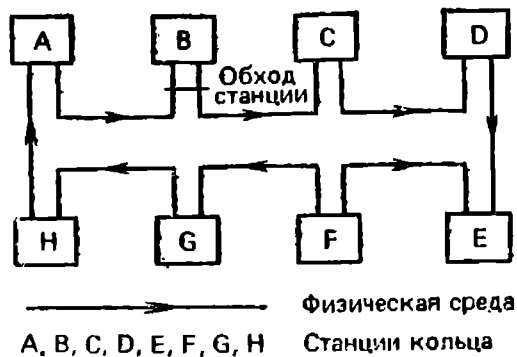


Рис. 8.7. Логическая конфигурация ЛВС КМД

удержания маркера. Для различных видов сообщений передаваемым данным могут назначаться различные уровни приоритетности.

Каждая станция имеет механизм обнаружения неисправностей сети, возникающих в результате ошибок передачи или переходных явлений. Архитектура ЛВС КМД соответствует рис. 8.2. Для реализации своего протокола подуровень УДС пользуется услугами физического уровня и ДИСП и, в свою очередь, обеспечивает услуги для подуровня УЛЗ и для ДИСП.

8.4.2. Типы и форматы кадров

Вся информация на уровне УДС должна передаваться в виде кадров и заполнителя. Различаются три основных типа кадров: данных, маркера и прерывания.

Формат кадра данных: НПК (НО, УД); сфера КПК (УК, АП, АО, ИНФ, КПК); ОПК (КО, СК), где НПК — начало последовательности кадра; УД — управление доступом; ИНФ — информация; ОПК — окончание последовательности кадра; СК — состояние кадра.

Формат кадра маркера: НО; УД; КО. *Формат кадра прерывания* в ЛВС КМД, его назначение, последовательность передачи полей кадра и разрядов полей такие же, как и в ЛВС ШМД.

В качестве заполнителя должна использоваться последовательность битов 0 или 1 или же произвольная комбинация этих битов, длительность которой ограничивается тайм-аутом удержания маркера. Передающая станция должна передавать заполнитель до готовности к передаче и некоторое время после передачи любого кадра с целью устранения неактивного или неопределенного состояния передатчика.

Поле НО представляет собой комбинацию битов JKOJKOOO, где J и K — символы «не данные», назначение которых приведено в § 8.4.4.

Поле УД имеет код PPPTMRRR, где P — бит приоритетности кадра, принимающий значения от 0 до 7; T — бит маркера, принимающий значения 0 в кадре маркера и 1 в кадре данных; M — бит монитора, который устанавливается в 1 после первого обращения кадра (данных или маркера) по кольцу и служит для предотвращения длительного циркулирования кадра; R — бит резервирования приоритетности, используемый с целью предварительного запроса требуемой приоритетности.

Поле УК имеет код FFZZZZZZ, где F — биты типа кадра, которые имеют значения: 00 для кадра УДС (содержит протокольный блок данных (ПБД) УДС), 01 для кадра УЛЗ (содержит ПБД УЛЗ); 0 и 1 зарезервированы для будущих применений. Если биты типа кадра FF указывают кадр УДС, то все станции, подключенные к кольцу, должны интерпретировать биты управления ZZZZZZ и, основываясь на конечном состоянии станции, действовать в соответствии со значением этих битов. Если биты типа кадра FF указывают кадр УЛЗ, то биты ZZZZZZ должны рассматриваться как grrYYY, где биты g являются резервными, должны устанавливаться в 0 во всех передаваемых кадрах и игнорироваться при приеме, а биты Y могут использоваться для переноса приоритетности P_m ПБД от логического объекта УЛЗ — источника к адресуемому(ым) логическому(им) объекту(ам) УЛЗ. При этом приоритетность P в поле УД должна быть меньше приоритетности P_m при передаче кадра данных по кольцу или равна ей.

Поля АП, АО и КПК кодируются аналогично соответствующим полям кадра УДС в ЛВС ШСД.

Поле ИНФ может иметь любую длину, кратную октету, с учетом ограничения тайм-аута удержания маркера. Формат поля ИНФ зависит от типа кадра данных (кадр УДС или кадр УЛЗ). Для кадров УЛЗ формат поля ИНФ не определен в существующих редакциях стандартов. Все станции ЛВС должны, однако, воспринимать кадры данных, поле ИНФ которых может иметь длину до 133 октетов включительно.

Для кадров УДС **формат поля ИНФ** (в битах): ДВ(16); ИВ(16); субвектор 1 (ДСВ(8); ИСВ(8); ЗСВ(л-8)); ...; субвектор k, где ДВ — длина вектора; ИВ — идентификатор вектора; ДСВ — длина субвектора; ИСВ — идентификатор субвектора; ЗСВ — значение субвектора. Поле ИНФ представляется как вектор — основная единица информации подуровня УДС и ДИСП. ДВ в формате поля ИНФ определяет длину вектора (включая область ДВ) в октетах и ее содержимое может принимать значения от X'0004' до X'FFFF' (шестнадцатеричные обозначения); ИВ определяет тип вектора. ДСВ определяет длину субвектора (включая область ДСВ) в октетах. Значение области ДСВ X'FF' означает, что длина определена с использованием двух следующих октетов. ИСВ определяет тип субвектора. Значение области ИСВ X'FF' означает, что конкретный тип субвектора определен с использованием двух следующих октетов. ЗСВ содержит подлежащие передаче данные или модификаторы данных.

Максимально допустимое число субвекторов определяется тайм-аутом удержания маркера.

Поле КО имеет код JK1JK1IE, по существу аналогичный коду поля КО в кадре ЛВС ШМД с теми же значениями битов I и E.

Поле СК имеет код ASCrASr, где A — бит опознания адреса, устанавливается в 1 станцией, опознавшей в кадре собственный адрес; C — бит копирования кадра, устанавливается в 1 станцией, скопировавшей данный кадр; r — бит (лог. 0).

8.4.3. Протокол подуровня УДС

Подуровень УДС совместно с физическим уровнем обеспечивает услуги подуровню УЛЗ и ДИСП. Протокол подуровня УДС используется при своем функционировании набор средств контроля и управления, включая управляющие кадры, тайм-ауты, буфер задержки, указатели и счетчики.

К основным (обязательным для всех станций кольца) управляющим кадрам УДС относятся следующие:

заявка маркера (ЗМК) — передается станцией, находящейся в дежурном состоянии и обнаружившей отсутствие в кольце операций активного монитора, с целью принять на себя функции активного монитора;

наличие активного монитора (НАМ) — передается периодически активным монитором после очистки кольца с целью оповестить остальные станции о наличии в кольце активного монитора и зарегистрировать станциями адреса соседних станций ЛВС;

наличие дежурного монитора (НДМ) — передается периодически дежурным(и) монитором(ами) с целью зарегистрировать станциями адреса соседних станций ЛВС;

неисправность (НИ) — передается станцией, обнаружившей неисправность соседней верхней по потоку данных станции с целью локализовать эту неисправность определенным регионом;

очистка (ОЧ) — передается активным монитором вслед за заявкой маркера с целью очистки кольца от всех циркулирующих кадров или повторной инициализации кольца;

проверка дублирования адреса (ПДА) — передается с полем АП, равным полю АО. Если этот кадр возвратился с битом А поля СК, равным 1, это указывает на наличие в кольце другой станции с тем же адресом, что побуждает данную станцию перейти в состояние обхода.

В ПМС 9234.2, определяющем протокол УДС для ЛВС КМД на основе волоконно-оптического кабеля, помимо рассмотренных шести основных управляющих кадров УДС определены еще 13 факультативных управляющих кадров УДС, которые выполняют вспомогательные функции тестирования кольца, сбора статистики об ошибках, состояниях кольца и др.

Для того чтобы кадр маркера непрерывно циркулировал по кольцу при нахождении станции в режиме ретрансляции, в кольце должна обеспечиваться задержка по меньшей мере на число битов кадра маркера, т. е. на 24 бита. Эта задержка должна обеспечиваться активным монитором, имеющим буфер задержки.

Отдельные сегменты кольца могут в определенные моменты работать со скоростями, которые несколько отличаются от частоты главного генератора, обеспечиваемой также активным монитором. Результат накопления этих отклонений в скорости достаточен для того, чтобы вызвать результирующие отклонения ± 3 бита задержки распространения сигналов по кольцу при наличии максимального числа станций (250).

Если задержка распространения сигналов в кольце не остается постоянной, то при уменьшении задержки некоторые биты будут пропадать (не ретранслироваться), а при увеличении задержки будут добавляться новые биты. Для поддержания постоянства к буферу фиксированной длины 24 бита добавляется гибкий буфер длиной 6 бит.

8.4.4. Характеристики физического уровня и физической среды

Физический уровень обеспечивает набор услуг для подуровня УДС и для ДИСП. Физический уровень кодирует поступающие из подуровня УДС символы данных (биты 1, 0) и не данных (биты J, K) и декодирует поступающие из физической среды сигналы. Преобразование символов УДС производится с использованием манчестерского кода. Но в отличие от кодирования сигналов в ЛВС ШМД здесь полярность первой половины символов 1 и 0 строго не устанавливается; она может быть любой.

При передаче битов J и K полярность каждого битового сигнала в течение всей его длительности не меняется. При этом полярность бита J соответствует полярности второй половины предыдущего бита, а полярность сигнала бита K противоположна полярности сигнала второй половины предыдущего бита. Для устранения длительной передачи сигналов одной полярности синхробиты передаются, как правило, парами (J и K).

Если на физический уровень поступает в непрерывной последовательности более четырех битовых сигналов одной и той же полярности, физический уровень должен изменить полярность принимаемого сигнала на противоположную в конце четвертого битового сигнала. Точно так же в период потери (отсутствия) сигналов синхрогенератора, переполнения или недогрузки буфера задержки физический уровень должен генерировать переход полярности каждого битового сигнала, декодировать новый битовый поток и выдавать результирующие сигналы на интерфейс с уровнем УДС.

Протокол подуровня УДС ЛВС КМД позволяет использовать в качестве физической среды витую пару, коаксиальный или волоконно-оптический кабель. Однако в редакции ПМС 8802.5 рассмотрен лишь пример реализации физической среды на основе витой пары с обеспечением скоростей передачи $1...4 \text{ Мбит/с} \pm 0,01 \%$. Описываемые ниже параметры и характеристики ориентированы на этот тип физической среды.

В магистральном кабеле (витой паре) с целью удлинения магистралей могут использоваться ретрансляторы, которые служат для восстановления амплитуды, формы и синхронизма сигналов и выполняют те же регенеративные функции, что и ретрансляционные станции кольца. С этой точки зрения ретрансляторы должны входить в счет числа станций, обеспечиваемых кольцом.

Подключение станции к магистральному кабелю должно осуществляться через экранированный ответвительный кабель, содержащий две сбалансированные ($150 \pm 15 \text{ Ом}$) витые пары (одна для передачи, другая для приема), и через модуль сопряжения со средой (МСС). Интерфейсный соединитель может располагаться в разрыве ответвительного кабеля или на его концах.

Подключение станции к магистральному кабелю реализуется по методу фантомной цепи, при котором в ответвительном кабеле создается напряжение постоянного тока, не препятствующее прохождению высокочастотной составляющей. Значение этого напряжения используется в МСС для коммутации различных релейных групп и управления режимами работы МСС. Прекращение фантомного возбуждения обеспечивает обход станцией кольца и выполнение режима самотестирования.

Передающая среда может исказить передаваемые сигналы до предела, значение которого равно корню квадратному из частоты затухания. Кроме того, средой, особенно МДС, могут быть вызваны плавные (не разрушающие) затухания. На частотах 1...4 МГц суммарное затухание может изменяться от 0 до 29 дБ, причем плавное затухание не должно превышать 15 дБ, а затухание в кабеле — 25 дБ. Допустимая в ЛВС частота ошибок не должна превышать 10^{-8} по битам.

8.4.5. Принципы и пример реализации ЛВС КМД

Рекомендуемое число подключаемых станций ЛВС КМД находится в диапазоне от 100 до 200. Увеличение числа охватываемых сетью станций может быть организовано с помощью моста (*bridge*) — высокоскоростного цифрового коммутирующего устройства, который связывает несколько колец с обеспечением «прозрачных» для подключаемых станций логических маршрутов и с преобразованием скоростей передачи.

Стандартизация мостов ЛВС проводится комитетом IEEE 802 на уровне проекта стандарта IEEE 802.1, части А, В, С и D. МОС /ТК97/ ПКБ рассматривает данный проект стандарта с целью принять его в качестве основы соответствующего международного стандарта.

Для подключения одной или нескольких взаимосвязанных мостами ЛВС к распределенным вычислительным сетям через сети связи общего пользования могут быть использованы специальные средства сопряжения — *шлюзы (gateway)*, обеспечивающие преобразование не только скоростей передачи, но и протоколов.

С использованием мостов, шлюзов, а также специальных схемных концентраторов, упрощающих реконfigurацию сети и ее обслуживание, построена ЛВС КМД фирмы IBM.

Сеть имеет комбинированную звездно-кольцевую конфигурацию, обеспечивающую компромисс между противоречивыми требованиями минимизации длины кабелей и снижения стоимости реконfigurации и обслуживания сети.

Базовая конфигурация ЛВС КМД фирмы IBM показана на рис. 8.8. Сеть состоит из нескольких колец, работающих на скорости 4 Мбит/с и взаимодействующих через высокоскоростные мосты. Данные передаются по кольцу в виде кадра. Область адресации кадра состоит из двух частей: первые два октета определяют адрес кольца, а следующие два — станцию в кольце.

Операции в кольце могут выполняться в двух режимах: асинхронном, для поддержки протоколов SDLC уровня звена данных и протоколов архитектуры SNA вышерасположенных уровней, и синхронном, который фирма IBM собирается применить для реализации телефонных услуг.

В протокол УДС разработчики ЛВС внесли ряд новых функций, отсутствующих в стандартах IEEE 802.5, МОС 8802.5 и ЕСМА-89. Введены также дополнительные шлюзы для подключения процессоров системы «Series 1» и ЭВМ системы IBM/370.

В перспективе предполагается, что в зданиях с кабельной проводкой будут функционировать иерархически связанные между собой ЛВС КМД с различными скоростями передачи. Планируется обеспечить равноправное взаимодействие между малыми и персональными ЭВМ.

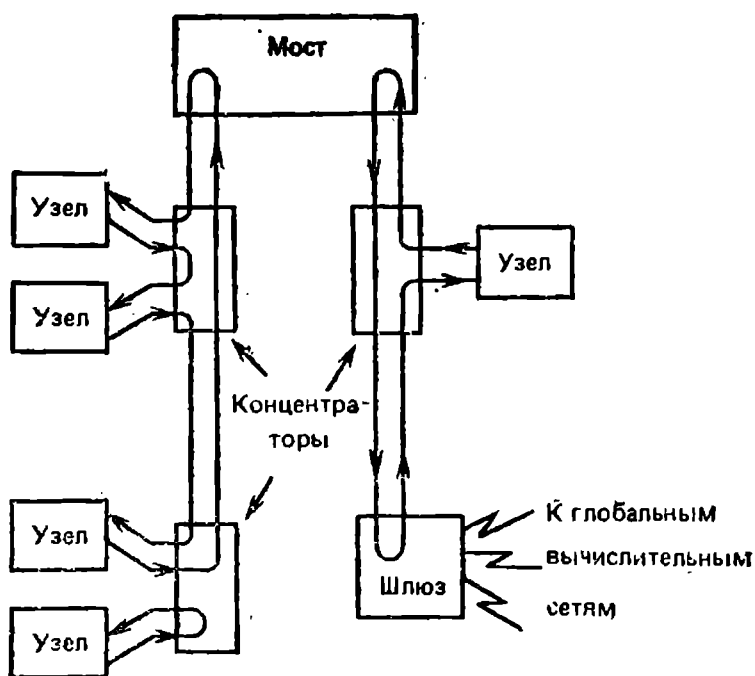


Рис. 8.8. Конфигурация ЛВС КМД фирмы IBM

8.5. Кольцо с тактированным доступом

8.5.1. Общая характеристика

Международный стандарт ISO 8802.7, разрабатываемый на основе шести национальных стандартов BSI, определяет конфигурацию сети типа КТД, включая метод доступа к среде и спецификацию физического уровня.

Физическая среда ЛВС КТД представляет собой замкнутый в кольцо магистральный кабель с набором активных повторителей, обеспечивающий скорости передачи до 10 Мбит/с. Задержка распространения сигналов в кабеле и повторителях позволяет рассматривать магистральное кольцо как непрерывно циркулирующий сдвиговый регистр. Каждый 100-метровый сегмент кабеля создает задержку длительностью 450 нс и может рассматриваться как память емкостью 4,5 бита.

Весь циркулирующий регистр распределяется станцией-монитором кольца на ряд последовательных тактов одинаковой фиксированной длины и структуры с небольшими пробелами (в виде двоичных нулей) между ними.

Для обеспечения целого числа битов в кольце номинальная частота 10 МГц может несколько изменяться, а для обеспечения целого числа тактов фиксированной длины и минимального размера пробелов могут использоваться дополнительные биты-заполнители.

Длина такта может выбираться из значений 40, 56, 72 или 88 битовых позиций, длина пробела между тактами может содержать

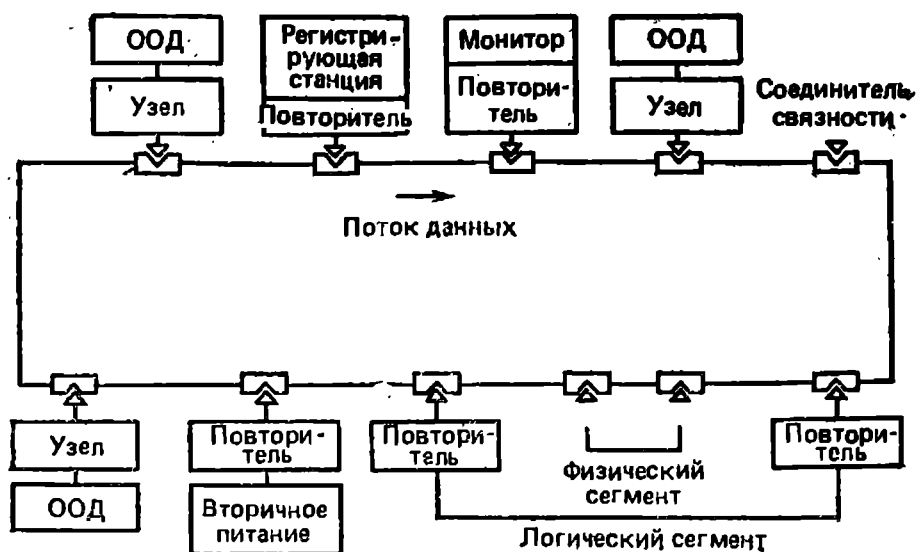


Рис. 8.9. Конфигурация ЛВС КТД

от 2 до 255 битовых позиций (двоичных нулей). Более длинный пробел должен рассматриваться как разрыв логического кольца.

В зависимости от размера сети, ее состава и выбранной длины такта в кольце может циркулировать от 1 до 255 тактов.

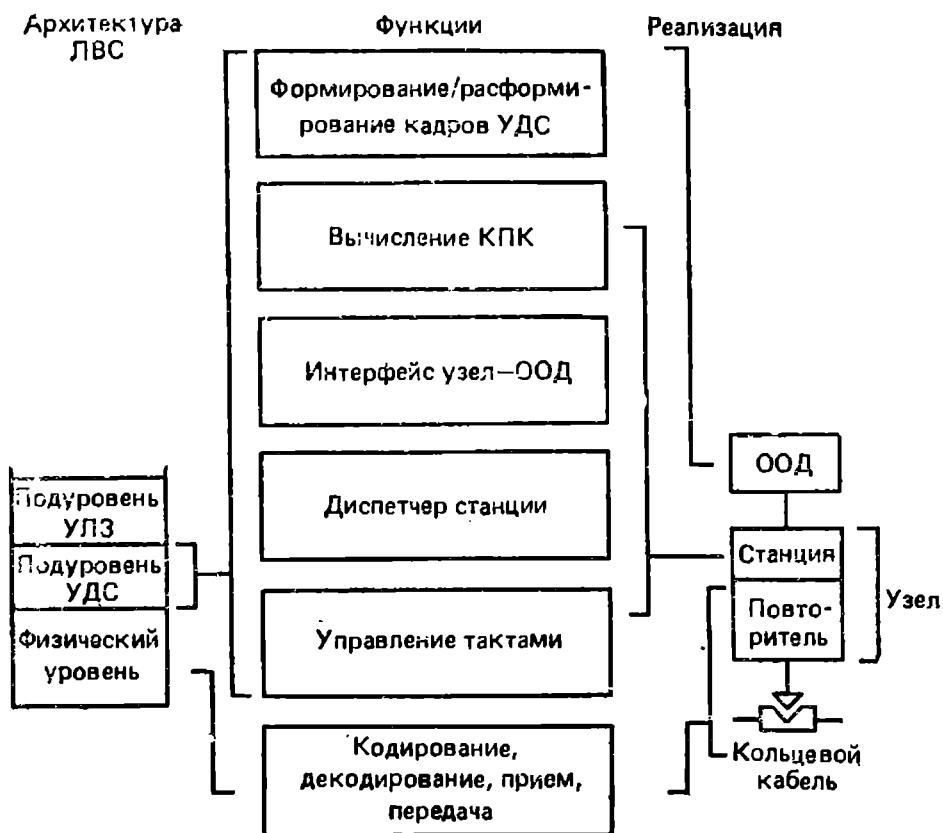


Рис. 8.10. Архитектура нижних уровней ЛВС КТД

В состав ЛВС КТД входят следующие устройства: станция-монитор, регистрирующая станция (при необходимости), ретрансляторы, узлы и вторичные источники питания.

Конфигурация ЛВС КТД представлена на рис. 8.9. Архитектура нижних уровней ЛВС КТД приведена на рис. 8.10.

8.5.2. Структура и формат мини-пакета

Вся информация передается между узлами ЛВС КТД в виде мини-пакетов, каждый из которых занимает в точности один такт. Формат мини-пакета представлен в табл. 8.9. Мини-пакет выдается в кольцо последовательно по битам, начиная с младшей по номеру битовой позиции. В адресных полях и октетах данных младшая по номеру позиция является наименее значащей.

Каждый мини-пакет имеет свой АП и АО, содержит 2, 4, 6 или 8 октетов данных и биты-идентификаторы.

Первый бит «ведущий» всегда установлен в 1. Второй бит «заполненный/пустой» (З/П) определяет наличие (бит установлен в 1) или отсутствие (бит установлен в 0) данных в мини-пакете. Третий бит «монитор» устанавливается в 1 передатчиком мини-пакета и сбрасывается в 0 монитором при прохождении через него этого мини-пакета. Если монитор обнаруживает, что в проходящем такте этот бит равен 0, но бит З/П равен 1, он сбрасывает бит З/П в 0, предотвращая тем самым длительное ошибочное циркулирование мини-пакета по кольцу.

Восьмибитовое поле АП может адресовать до 255 станций-получателей мини-пакета. Значение АП, равное 0, выделено для регистрирующей станции, значение 255 — для глобальной адресации всех станций кольца. В поле АО значение адреса 0 выделено для станции-монитора.

В зависимости от выбранной длины мини-пакета: 40, 56, 72 или 88 бит — в нем может содержаться 2, 4, 6 или 8 октетов данных соответственно, передаваемых между подключенными к узлам ООД или же от узла или монитора к регистрирующей станции в случае искаженного сообщения.

Два бита «тип октета» используются для классификации октетов данных; их значение устанавливается ООД, выдающим мини-пакет. Биты ответа используются для информирования узла-источника о характере обработки мини-пакета в узле-получателе. Эти биты могут принимать следующие значения: 11 — «проигнорирован» — ни один из узлов не подтвердил прием мини-пакета; 10 — «не принят» — получатель подтвердил поступление мини-пакета, но не может принять его, поскольку не знает данного отправителя или «замаскирован» от содержимого данного мини-пакета (при глобальной адресации такой ответ не должен поступать); 01 — «принят» — получатель принял мини-пакет; 00 — «занят» — получатель подтвердил поступление мини-пакета, но вследствие своей занятости или временной неготовности к приему не может принять его.

Последний бит мини-пакета — бит четности — используется для обнаружения ошибок в мини-пакете. Его значение (0 или 1) должно обеспечивать общее четное число двоичных единиц в мини-пакете.

8.5.3. Протокол подуровня УДС

Назначение и протокольные функции представленных на рис. 8.9 устройств ЛВС состоят в следующем:

Т а б л и ц а 8.9. Формат мини-пакета ЛВС КТД

Битовые позиции для длины пакета, октет				Наименование
2	4	6	8	
1	1	1	1	Ведущий бит = 1
2	2	2	2	Бпт З/П = 1/0
3	3	3	3	Бит монитора
4	4	4	4	
11	11	11	11	АП
12	12	12	12	
19	19	19	19	АО
—	—	—	20	
—	—	—	27	Октет данных 7
—	—	—	28	
—	—	—	35	Октет данных 6
—	—	20	36	
—	—	27	43	Октет данных 5
—	—	28	44	
—	—	35	51	Октет данных 4
—	20	36	52	
—	27	43	59	Октет данных 3
—	28	44	60	
—	35	51	67	Октет данных 2
20	36	52	68	
27	43	59	75	Октет данных 1
28	44	60	76	
35	51	67	83	Октет данных 0
36	52	68	84	
37	53	69	85	Тип октета
38	54	70	86	
39	55	71	87	Биты ответа
40	56	72	88	Бит четности

монитор — устройство, подключаемое к розетке сетевого соединителя и выполняющее функции инициации и управления операциями кольца;

регистрирующая станция — устройство, подключаемое к розетке сетевого соединителя и выполняющее регистрацию ошибок в кольце;

узел — устройство, реализующее совокупные функции повторителя и станции;

повторитель — устройство, питаемое от кольца, которое получает и модулирует сигналы станции, кольцевого сегмента или же регенерирует их для передачи другому кольцевому сегменту или станции;

станция — часть узла, сопрягаемая с одной стороны, с повторителем узла, а с другой — с ООД и выполняющая параллельно-последовательные и обратные преобразования данных, управление передачей по кольцу, обнаружение ошибок и информирование об ошибках;

ретранслятор — повторитель, не входящий в состав узла, монитора или регистрирующей станции и выполняющий функции регенерации сигналов;

вторичный источник питания — устройство, обеспечивающее в кольце напряжение 21...28 В постоянного тока для питания повторителей. Общий ток в любой точке кабелей не должен превышать 2 А.

Монитор, регистрирующая станция и каждый узел ЛВС КТД могут работать в двух режимах: основном и расширенном. В основном режиме обеспечиваются только 40-битовые такты, в расширенном режиме — такты всех размеров (40, 56, 72 и 88 бит).

Передача данных в ЛВС КТД происходит следующим образом. Станция, имеющая данные для передачи, после обнаружения пустого такта отмечает его как заполненный (устанавливает бит З/П в значении 1), вводит адреса, данные и иницирует биты ответа. До возвращения переданного мини-пакета обратно станция не может передавать другие мини-пакеты. Станция обнаруживает свой возвратившийся мини-пакет по счету числа тактов, копирует биты ответа, сбрасывает бит З/П в 0, помечая мини-пакет как пустой.

При любом ответе, отличном от «принят», станция осуществляет повторную попытку передачи по истечении одного кругового цикла. При повторных неудачах последующие передачи задерживаются еще на большее число тактов, что предотвращает заполнение кольца бесполезным трафиком. Принятый алгоритм повторных передач устанавливает максимальное значение такой задержки.

При обнаружении несовпадения возвращенного пакета с исходным переданным пакетом подключенное ООД игнорирует смысл ответных битов мини-пакета и считает, что произошла ошибка передачи.

При обнаружении ошибки с неправильной четностью узел исправляет ее и в очередном пустом такте посылает монитору сообщение об ошибке. Это сообщение содержит адрес передающего узла и тем самым указывает секцию кольца, в котором произошла ошибка.

Правила управления доступом требуют, чтобы передатчик имел только один циркулирующий в сети мини-пакет и чтобы такт очищался после его использования. Данная спецификация требует также, чтобы очищенный такт проходил далее по кольцу. Таким образом, максимально достижимая используемость такта равна $1/(n+2)$, где n — число тактов в кольце.

8.5.4. Протокол физического уровня и спецификация физической среды

Физическая среда организована на основе двух витых пар: А и В. Пара А обеспечивает положительное напряжение питания постоянного тока и один из двух каналов сигнализации. Пара В обеспечивает отрицательное напряжение питания постоянного тока и другой канал сигнализации.

Весь кабель должен иметь по два провода на каждую витую пару и один или несколько проводов для обеспечения напряжения сигнализации V_{sig} . Провода должны быть алюминиевыми, медными или с медным покрытием, диаметром не менее 0,22 мм². Каждая пара должна быть образована из идентичных проводов, а все точки физического сегмента кольца, ограниченного двумя розетками сетевого соединителя, должны иметь один и тот же номинальный импеданс. Различные физические сегменты могут иметь разные номинальные импедансы. Характеристический импеданс между двумя проводами каждой пары, измеренный на частоте 5 МГц, должен находиться в пределах 90...150 Ом.

Один или несколько физических сегментов, соединенных вилками связности, могут образовывать логический сегмент с повторителями на концах. Разница в задержках распространения сигналов между парами А и В физического или логического сегмента не должна превышать 10 нс.

Розетка сетевого соединителя и вилка сетевого соединителя должны быть ответными частями 15-контактного соединителя, в основном соответствующего стандарту МС 4903, но имеющего несколько иное распределение контактов.

Узлы, монитор и регистрирующая станция подключаются к физической среде через розетку сетевого соединителя. Ретрансляторы подключаются к каждой из свободных розеток сетевого соединителя (к которым не подключено ни одно из перечисленных выше устройств). Если к розетке сетевого соединителя не подключено ни одно из устройств, к ней должна быть подключена вилка связности.

Повторители должны получать питающее напряжение от кольца и подключенных вторичных источников питания. Положительное напряжение должно поступать из четырех проводов пары А (два сигнальных входа и два сигнальных выхода) и плюсового выхода вторичного источника питания. Отрицательное напряжение должно поступать от четырех проводов пары В и минусового выхода вторичного источника питания.

Повторитель должен находиться во включенном состоянии, когда среднее напряжение питания на входных и выходных парах и вторичном источнике питания находится в диапазоне 21...28 В. Постоянный ток не должен превышать 150 мА при входном напряжении в диапазоне 21...28 В. В каждой паре, А и В, должен присутствовать свой несущий сигнал, каждый из которых должен модулироваться по фазе поступающими битами. В течение 1 с после включения питания повторитель должен начать вырабатывать выходной сигнал, который модулируется среднеквадратичным волновым сигналом.

При устойчивом сигнале с частотой в диапазоне 9,25...10,75 МГц не должно возникать более 10 битовых ошибок за 10 мин в среднем в течение трехчасового периода. При нормальной работе в середине полосы частот частота битовых ошибок не должна превышать 10⁻¹¹.

8.5.5. Принципы и пример построения сети

Кольцо должно быть организовано таким образом, чтобы число циркулирующих битов не выходило за рамки наибольшего такта, обеспечиваемого монитором, регистрирующей станцией и узлами.

Номинальное число (при скорости 10 Мбит/с) циркулирующих битов данных должно определяться из расчета: 1 бит на каждые 22 м кольцевого кабеля; 3 бита на станцию-монитор; 3 бита на каждый повторитель и ретранслятор; 3 или 15 бит на регистрирующую станцию в зависимости от ретранслятора.

Общее число битов в кольце должно определяться как число тактов, умноженное на число битовых позиций в такте, плюс 11 бит пробелов. Общая длина кабеля не должна превышать 4 км. Общее число узлов в кольце не должно превышать 254.

На практике указанные параметры могут иметь несколько иные значения в зависимости от типа используемого кабеля, длины физических сегментов, уровня перекрестных помех, величины потерь в повторителях, соединителях, а также от различий в электрических характеристиках смежных физических сегментов.

Одной из первых и наиболее известных ЛВС КТД стала сеть «Кембриджское кольцо», созданная в 70-х годах в лаборатории вычислительной техники Кембриджского университета. Эти ЛВС установлены во многих высших учебных заведениях, университетах, а с 1981 г. поставляются и коммерческими организациями.

Длина такта в сети — 38 бит, формат мини-пакета соответствует табл. 8.9, за исключением отсутствующих в таблице 2 бит типа данных. ООД (ЭВМ, терминалы, рабочие станции) подключаются к коль-

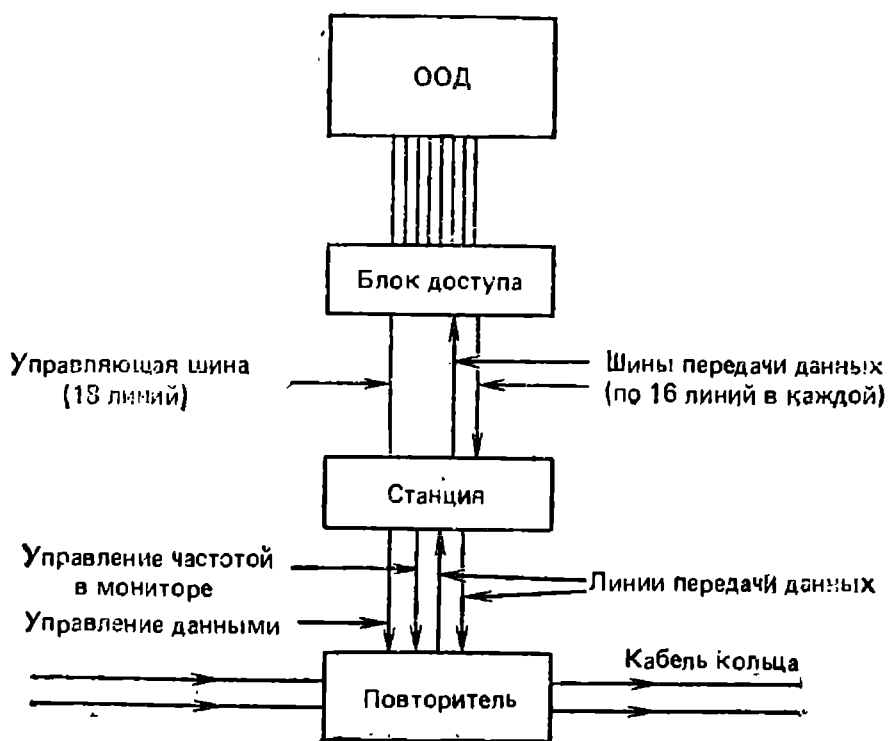


Рис. 8.11. Схема подключения устройств в сети «Кембриджское кольцо»

цу через блок доступа, станцию и повторитель. Схема подключения устройств в сети «Кембриджское кольцо» показана на рис. 8.11.

Для ЛВС характерно очень малое время ответа. Повторители создают очень небольшую задержку для минипакета — всего около 150 мс (1,5 битовых интервала). Даже при очень большой загрузке пустой такт поступает для заполнения примерно за $4(n+1)$ мкс, где n — число станций в кольце.

Но эти преимущества достигаются ценой очень низкой эффективности использования канала передачи: 60 % общей пропускной способности используется для передачи служебных и управляющих битов, т. е. при номинальной скорости передачи 10 Мбит/с скорость передачи самих данных составляет всего 4 Мбит/с. Для отдельной станции эта скорость еще ниже. Поскольку каждая станция в любой момент может иметь в кольце только один минипакет и не может повторно загрузить вернувшийся такт с собственным минипакетом, пропускная способность одной станции составляет (приблизительно) $4/(m+2)$ Мбит/с, где m — число минипакетов в кольце. Таким образом, при наличии в кольце одного минипакета ($m=1$) скорость передачи составит 1,3 Мбит/с, а при шести минипакетах ($m=6$) этот показатель снижается до 0,5 Мбит/с.

Для расширения возможностей сети (подключение станциями нескольких диалогов, сквозного контроля ошибок по всем сегментам) в Кембриджском университете разработаны усовершенствованные протоколы вышерасположенных уровней, в частности протокол базисных блоков BBP (Basic Block Protocol), протокол потока байтов BSP (Byte Stream Protocol) и протокол одиночных символов SCP (Single Character Protocol).

Ряд других фирм также разработали и поставляют на рынок ЛВС КТД, в частности ЛВС Polynet фирмы Logica VTC, ЛВС Data Ring фирмы Toplec Computer Ltd, ЛВС Planet фирмы Racal-Milgo и др.

Глава 9

Интерфейсы рассредоточенных систем управления

9.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

9.1.1. Основные сведения

Рассредоточенные (распределенные) системы управления (PCY) представляют собой в общем случае координированно-децентрализованную специального вида систему управления реального времени.

Основными приложениями PCY являются сложные объекты и технологические процессы, состоящие из множества распределенных подсистем, которые характеризуются высокими требованиями к качеству управления и имеют, как правило, многоуровневую организационную структуру.

К основным конструктивным элементам PCY относятся станции (узлы), передающая среда, устройства сопряжения с линией.

В отечественной литературе совокупность средств реализации передачи данных в РСУ называется интерфейсом линейной (много-точечной) последовательной связи (ИЛПС).

Сеть может быть разбита на подсети с произвольной топологией. Требуемое удаление станций — от сотен метров до нескольких километров (зависит от объекта), число станций — от 16 до 256.

Одним из первых и основных стандартов для РСУ является PROWAY, спецификация которого разработана МЭК/ТК65 для РСУ, работающих в реальном масштабе времени (РМВ) с гарантированным временем доступа. Спецификация содержит развитый протокол уровня звена данных, определяет высокую гарантированную скорость передачи, резервирование путей передачи информации. Рекомендации спецификации широко используются при создании других, более поздних спецификаций и стандартов для РСУ, в том числе ИРМ и ИЛПС в СССР, MAP 2.1 в США и т. д.

Типовые производственные РСУ преимущественно имеют иерархические трехуровневые структуры, объединяющие системы передачи данных (СПД) и оборудование: на уровне 3 (производственные участки) обеспечивается экономичное соединение со скоростями до 5 Мбит/с максимально возможного числа устройства и организация сопряжения с уровнем 2; на уровне 2 (охватывает все промышленное предприятие) используется СПД умеренной гибкости с пропускной способностью от 5 до 20 Мбит/с с универсальными возможностями подключения, а также сопряжения с уровнем 1; на уровне 1 (общезаводском) применяется СПД, универсальная по своим возможностям, исключительно гибкая и высокоскоростная (до 50 Мбит/с).

Стандартом де-факто, используемым на уровне 2 в РСУ, является спецификация MAP 2.1 (протоколы автоматизации производства, предложенные фирмой G.M. США). Спецификация MAP опирается на положения международных стандартов МОС и эталонной модели ВОС МОС.

Т а б л и ц а 9.1. Интерфейсы рассредоточенных систем управления

Наименование	Уровень стандартизации	Применение
ИРМ	ГОСТ 26139-84	Системы связи локальных подсистем в составе АСУ рассредоточенными объектами
ИЛПС	НМ МПК по ВТ 82—85	Рассредоточенные АСУ ТП в условиях обмена данными в РМВ между УСО
PROWAY	МЭК/ТК65С	Рассредоточенные АСУ процессами
Bitbus	Стандарт Intel	Иерархические многоуровневые системы
MAP	Стандарт G.M, NBS	Системы передачи данных всех уровней автоматизации предприятий
Мультиплексные каналы MIL-1553B, MIL-1773	Стандарты США	Специальные системы управления летательными аппаратами, ТП и ЛВС

Решение задач административного управления за рубежом обеспечивается протоколами TOP, разрабатываемыми на базе стандарта IEEE 802.3 и в соответствии с моделью ВОС МОС. Под эгидой организаций пользователей MAP и TOP проводятся работы по созданию общих технических средств, обеспечивающих интеграцию протоколов MAP и TOP с целью передачи данных между системами административного управления и промышленного производства.

Основные рассматриваемые унифицированные отечественные и зарубежные НТД, спецификации и стандарты по интерфейсам РСУ приведены в табл. 9.1.

9.1.2. Основные понятия

Асинхронный способ передачи с адресным кодом — способ опроса станций, при котором интервалы времени между отдельными опросами не всегда одинаковы, а вызванная станция идентифицируется адресом станции.

Активная управляющая станция — управляющая станция, перенявшая функцию децентрализованного управления магистральным каналом (МК).

Возврат управления — вызов, посланный активной в данный момент управляющей станцией, при помощи которого она отдает децентрализованное управление и завершает процесс передачи.

Вызов — процедура передачи одной рамки от активной управляющей станции или централи управления ко всем подключенным к МК станциям.

Данные управления — содержащиеся в одной рамке передачи данные, идентифицирующие необходимую для передачи и обработки рамки информацию (код адреса, функциональный код, длину поля данных).

Децентрализованный опрос станций — быстрый опрос станций, при котором каждая вызванная станция вызывает, в свою очередь, следующую.

Децентрализованное управление МК — координация обмена данными по МК при помощи управляющей станции, передающей вызов и принимающей ответ при каждом цикле передачи данных.

Запрос на захват МК — запрос от какой-либо предназначенной для этого станции с помощью рамки передачи к централи управления при необходимости в децентрализованном управлении.

Защита рамки — процедура, осуществляемая путем обозначения длины рамки передачи и циклическим кодом, который охватывает контролем все содержимое рамки.

Канал связи — совокупность технических средств, имеющихся между подключенными к МК станциями и служащих для обмена данными между этими станциями.

Контрольное поле — часть рамки передачи, содержащая последовательность контрольных символов циклического кода.

Магистральный канал данных технологических процессов (МКД ТП) — многопунктовое соединение для передачи данных ТП, с использованием общего для подключенных станций канала связи.

Многопунктовый режим — обмен данными в виде многопунктового звена данных.

Многопунктовые звенья данных — СПД, включающая несколько станций, связанных между собой линиями передачи.

Ограничение рамки — признак начала и конца рамки передачи.

Организационные процедуры — процедуры, используемые в основном для управления обменом данными, например управление МК, централизованный и децентрализованный опрос станций.

Передача управления МК — вызов, посланный центральной управляющей станцией и запускается процесс передачи.

Последовательность контрольных сигналов — последовательность символов (битов), образуемая по определенному закону и предназначенная для распознавания ошибок передачи.

Процедура обмена данными — совокупность правил, определяющих обмен данными (технологических процессов).

Процесс передачи — процесс, включающий определение активной управляющей станции и передачу управления МК центральной, кроме того, один или несколько циклов передачи данных и возврат управления МК.

Рамка передачи — ограниченная последовательность битов определенного формата, передаваемая как одно целое и служащая для передачи данных с повышенной достоверностью.

Синхронизация по рамкам — определение начала рамки передачи в приемнике.

Станция (С) — соединенный с МК комплекс устройств РСУ, которому отведен адрес из общего объема адресов интерфейса.

Управление МК (цикл конфигурации) — координация обмена данными по МК.

Управляющая станция (УС) — станция, предназначенная для исполнения функции децентрализованного управления МК.

Управляемая станция — станция, принимающая вызовы и передающая ответы.

Функциональный байт — байт, содержащий функциональный код рамки передачи.

Функциональный код — код, обозначающий функцию рамки передачи, например вызов, ответ, запись, чтение и т. д.

Централь (центральный опрос МК) — станция, предназначенная для функции центрального управления МК.

Центральное управление МК — координация обмена данными по МК центральной, например определенном одной активной станции управления.

Централизованный опрос станций — опрос, при котором централь управления МК последовательно вызывает опрашиваемые станции, каждая из которых передает ответ, обеспечивающий передачу данных из определенной области памяти станции к центру.

Частотность искажения символов — отношение числа принятых искаженных символов (битов) к общему числу переданных символов.

9.2. ИНТЕРФЕЙС ИРМ

9.2.1. Общие сведения

Интерфейс распределенной магистрали (ИРМ) регламентирует общие правила взаимодействия локальных подсистем (ЛПС) в составе АСУ рассредоточенными объектами, использующих магистральную структуру связи.

В части физической реализации стандарт распространяется на интерфейсы агрегатных средств, использующих для передачи сообщений электрические сигналы.

Интерфейс обеспечивает взаимодействие ЛПС, использующих

спорадическую передачу информации в составе систем, функционирующих в РМВ.

Подсистемы функционируют в автономном режиме и реализуют частично или полностью следующие функциональные задачи: сбор, первичную обработку и хранение информации; непосредственно цифровое и супервизорное управление и регулирование; программно-логическое управление; сопряжение с оперативнотехнологическим персоналом; сопряжение с УВК верхнего уровня в нерархических системах.

Технические характеристики ИРМ

Способ обмена данными	Бит-последовательный по двухпроводной линии связи
Максимальная длина связи, км	3
Рекомендуемое число подсистем, не более	60
Номинальная скорость передачи, кбит/с	30, 100 или 500
Представление сигналов	Двухфазная модуляция с фазоразностным кодированием
Циклический код защиты	Полином $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$
Устранение ошибок	Возможность повторной передачи

9.2.2. Логическая организация

Передача сообщений между подсистемами осуществляется ограниченным набором функциональных байтов, последовательность которых устанавливается двумя типами форматов сообщений: Ф1 (СИ, АВ, КФ, АС, КБ1, КБ2, СН); Ф2 (СИ, АВ, КФ, АС, ДС, ДН₁, ДН₂, КБ1, КБ2, СН), где СИ — синхронизирующий байт с кодом 0111110, служащий для обозначения начала и конца сообщения; АВ — байт адреса подсистемы, определяющий локальную подсистему, которой направляется сообщение; КФ — байт выполняемой функции (операция в данном цикле связи); АС — собственный адрес локальной подсистемы; ДС — длина информационной части (число байтов) данных ДН₁, ДН₂; КБ1, КБ2 — байты контрольных разрядов.

Назначение разрядов внутри байта КФ: 0 — вид сообщения; 1 — признак занятости; 2 — тип формата сообщения; 3 — признак повторения передачи; 4...7 — выполняемая операция.

Коды КФ и соответствующие им выполняемые операции (в разрядах полей):

- КФ1(1, XXX, 0000) — групповая передача;
- КФ2(1, XXX, 0010) — запись;
- КФ3(1, XXX, 0010) — чтение;
- КФ4(1, XXX, 0011) — запись/чтение;
- КФ5(1, XXX, 0100) — централизованный опрос контроллера;
- КФ6(1, XXX, 0101) — передача управления МК;
- КФ7(1, XXX, 0110) — возврат управления МК, СОАНП;
- КФ8(1, 000, 0111) — возврат управления МК, СОАП;
- КФ9 (1, XXX, 1000) — централизованный опрос контроллеров, отсутствие запросов на захват МК, СОАНП;
- КФ10(1, XXX, 1001) — отсутствие запроса на захват МК, СОАП;
- КФ11(1, XXX, 1010) — запрос на захват МК, СОАНП;
- КФ12(1, XXX, 1011) — запрос на захват МК, СОАП;
- КФ13(1, XXX, 1100) — резерв;
- КФ14(1, XXX, 1101) — резерв;

КФ15(1, XXX, 1110) — резерв;
 КФ16(1, XXX, 1111) — резерв;
 КФ17(0, XXX, 0000) — резерв;
 КФ18(0, XXX, 0001) — подтверждение выдачи сообщения;
 КФ19(0, XXX, 0010) — подтверждение выдачи сообщения;
 КФ20(0, XXX, 0011) — подтверждение приема и последующей
 выдачи сообщения, ответы на централизованный опрос;
 КФ21(0, XXX, 0100) — отсутствие запроса на захват МК,
 СОАНП;
 КФ22(0, XXX, 0101) — отсутствие запроса на захват МК, СОАП;
 КФ23(0, XXX, 0110) — запрос на захват МК, СОАНП;
 КФ24(0, XXX, 0111) — запрос на захват МК, СОАП;
 КФ25...КФ32 — резерв.

Здесь СОАНП, СОАП — сообщение с общим адресом не принято/принято; разряд — 0 — определяет вид сообщения (вызов — ответ), передаваемого по МК; разряд 1 равен 1 при занятости подсистемы; разряд 2 равен 1 в случае передачи сообщения формата Ф2; разряд 3 равен 1 в повторно посылаемом сообщении.

Собственный адрес ЛПС, формирующий АС, выдается для того, чтобы сообщить вызываемой ЛПС адрес ответа и проконтролировать правильность ее выбора. Байт ДС присутствует только в формате Ф2, код 00₁₆ определяет передачу 256 байт. Байты данных ДН — информационная часть сообщения формата Ф2. Кодирование данных в стандарте не регламентируется.

Контроллеры связи осуществляют: преобразование информации из формы, принятой в ЛПС, в форму требуемую для передачи по МК; добавление и выделение знаков синхронизации; распознавание и прием сообщений, адресованных данной ЛПС; формирование и сравнение контрольных кодов для определения достоверности принимаемых сообщений.

Обмен сообщениями между ЛПС осуществляется в виде циклов. Под циклом понимается процедура передачи в МК одного сообщения формата Ф1 или Ф2. *Процесс передачи* — несколько взаимосвязанных циклов. Процесс передачи организован по асинхронному принципу: на посылаемые в МК вызовы ЛПС должна получать ответы (за исключением групповых операций).

9.2.3. Функциональная организация

Функции интерфейса различаются по уровням управления, занимаемым ЛПС в процессе обмена сообщениями: пассивный прием (низкий уровень), прием и ответ, децентрализованное управление МК, запрос захвата МК, центральное управление МК. Состав интерфейсных функций, реализуемых ЛПС, определяется составом задачи, решаемой данной ЛПС, и ее функциональными характеристиками.

Тип ЛПС определяется функцией наиболее высокого уровня из числа предусмотренных; ЛПС считается *активной* относительно той функции, которую она исполняет в текущем цикле. Различаются следующие типы ЛПС: *пассивная управляемая*, выполняющая только опознание и прием адресованных ей сообщений; *управляемая*, осуществляющая прием адресованных ей сообщений и формирующая ответное сообщение в соответствии с принятым кодом функции; *управляющая*, способная принимать управление по МК, формировать и передавать сообщения по МК, принимать и анализировать ответные сообщения, возвращать управление МК после окончания процес-

са передачи; *инициативная*; способная выполнять, помимо функций управляющей, формирование сигнала запроса для захвата МК, посылать соответствующие сообщения при выполнении процедуры поиска запрашивающей ЛПС; *ведущая*, координирующая работу всех ЛПС, сопряженных МК, и осуществляющая арбитраж и передачу управления МК одной из управляющих ЛПС, центральное управление всеми ЛПС, контроль работы активной управляющей ЛПС, передачи сообщений с общим адресом для всех (или нескольких) ЛПС. К МК может быть подключена только одна ЛПС, имеющая активную функцию ведущей.

Порядок обмена сообщениями следующий. Каждый цикл передачи сообщения по МК начинается с синхронизации всех сопряженных по интерфейсу ЛПС путем передачи в МК синхронизирующих байтов СН. После синхронизации всех ЛПС управляющая ЛПС передает в МК сообщение Ф1 или Ф2. После передачи сообщения передающая ЛПС должна передать еще не менее двух байтов СН для завершения операций приема, после чего цикл передачи заканчивается.

Координация взаимодействия сопряженных интерфейсом ЛПС осуществляется активной ведущей ЛПС при помощи процедур управления МК, предусматривающих выполнение функции передачи управления и возврата управления МК. При передаче управления МК ведущая ЛПС назначает активную управляющую ЛПС для выполнения процесса передачи сообщений, для чего направляет последней сообщение Ф1 с кодом функции КФ6. Управляющая ЛПС по приему данного сообщения становится активной и может выполнить в одном процессе передачи несколько циклов обмена сообщениями, число которых контролируется и ограничивается ведущей ЛПС. После выполнения передачи управления ведущая ЛПС активизирует в себе функцию пассивного приема и включает контрольный отсчет времени (время ожидания не более 1 мс), в течение которого активная ЛПС должна начать повторную передачу сообщений по МК. В противном случае ведущая ЛПС повторно направляет управляющей ЛПС сообщение Ф1 с кодом функции КФ6 и с признаком повторной передачи. При повторении предыдущей ситуации ведущая ЛПС определяет управляющую ЛПС как неисправную и реализует предусмотренные для такой ситуации процедуры.

По окончании процесса передачи активная управляющая ЛПС выполняет функцию возврата управления МК, направляя ведущей ЛПС сообщение с кодом функции КФ7 или КФ8.

Передача управления может быть организована по инициативе ведущей ЛПС, которая определяет последовательность процедур управления МК с целью активации управляющих ЛПС; по запросам только для инициативных управляющих ЛПС. При этом возможны централизованный и децентрализованный способы организации поиска подсистемы.

При *централизованном опросе* ведущая ЛПС последовательно опрашивает все подключенные к МК инициативные управляющие ЛПС путем направления каждой сообщения с кодом КФ5. В ответ каждая ЛПС направляет ведущей ЛПС ответное сообщение с одним из кодов КФ21...КФ24 в зависимости от своего внутреннего состояния (табл. 9.2).

Децентрализованный опрос обеспечивает быстрый процесс определения инициативных ЛПС, установивших запрос доступа к МК. Ведущая ЛПС обращается только к первой по очереди инициативной ЛПС с сообщением Ф1 и кодом КФ9. Каждая из инициативных

Т а б л и ц а 9.2. Процесс централизованного опроса ЛПС

Ведущая подсистема	Подсистема 2	Подсистема 3
Сообщение 1 (СН, АВ2, КФ5, АС1, КБ1, КБ2, СН)	Сообщение 2 (СН, АВ1, КФ21, АС2, КБ1, КБ2, СН)	
Сообщение 3 (СН, АВ3, КФ5, АС1, КБ1, КБ2, СИ)		Сообщение 4 (СН, АВ1, КФ23, АС3, КБ1, КБ2, СН)
Сообщение 5 (СИ, АВП, КФ5, АС1, КБ1, КБ2, СН)		

ЛПС воспринимает адресованное ей сообщение и посылает в МК адресованное следующей по очереди ЛПС свое сообщение, в котором передается один из кодов КФ9...КФ12, характеризующий состояние данной ЛПС (табл. 9.3).

Т а б л и ц а 9.3. Процесс децентрализованного опроса ЛПС

Ведущая подсистема	Подсистема 2	Подсистема 3	Подсистема 4
Сообщение 1 (СН, АВ2, КФ9, АС1, КБ1, КБ2, СИ)	Сообщение 2 (СН, АВ3, КФ11, АС2, КБ1, КБ2, СИ)	Сообщение 3 (СН, АВ4, КФ10, АС3, КБ1, КБ2, СН)	Сообщение 4 (СН, АВ1, КФ9, АС4, КБ1, КБ2, СН)
Сообщение 5 (СН, АВ2, КФ6, АС1, КБ1, КБ2, СН)			

Ведущая ЛПС после запуска децентрализованного опроса активирует функцию пассивного приема и принимает все сообщения, посылаемые инициативными управляющими ЛПС. Это позволяет ведущей ЛПС иметь информацию о запросах доступа к МК от всех инициативных ЛПС. Последняя в цепи опроса ЛПС адресует свое сообщение ведущей ЛПС, что означает конец процедуры.

Процедура передачи данных выполняется в виде одного из следующих процессов; групповой записи, записи, чтения, чтения-записи.

Групповая запись выполняется ведущей ЛПС, которая выдает в МК сообщение Ф2 с адресом АВ-255 и кодом КФ1. Все ЛПС, реагирующие на эту операцию, принимают сообщение и фиксируют состояние приема. Ответные сообщения ЛПС не выдаются. Подтверж-

дение приема группового сообщения осуществляется в процессе опроса, а также при возврате управления МК, для чего в коды КФ7...КФ12 и КФ21...КФ24 включается бит соответствующего состояния.

В процессе записи ведущая или активная ЛПС посылает в МК сообщение Ф2 с кодом КФ2 и с адресом принимающей ЛПС и включает контрольный отсчет времени. Адресованная ЛПС опознает свой адрес и принимает посылаемое ей сообщение. Если сообщение принято без ошибки, принимающая ЛПС выдает ответное сообщение Ф1 с кодом КФ18. При ошибке ответное сообщение не выдается. Активная ЛПС при отсутствии ответа в течение интервала контрольного времени повторно выполняет передачу того же сообщения.

Диалог управляющей и управляемой ЛПС постоянно контролируется ведущей ЛПС, выполняющей в это время функцию косвенного приема сообщений.

Процесс чтения начинается посылкой активной ЛПС сообщения Ф1 с кодом КФ3. Адресованная ЛПС выдает ответное сообщение Ф2 с кодом КФ19. Если вызываемая ЛПС не может выдать данные в течение установленного времени ожидания, то она должна после принятия сообщения с функцией чтения зафиксировать признак занятости ЛПС и приступить к формированию массива данных для чтения. Данная управляемая ЛПС запоминает адрес обратившейся к ней ЛПС (для которой готовятся данные) и в ответных сообщениях другим управляющим ЛПС должна устанавливать признак занятости. Для считывания подготовленных данных активная ЛПС вновь обращается к управляемой ЛПС с помощью сообщения Ф1 с кодом КФ3. При готовности данных управляемая ЛПС выдает ответное сообщение Ф2 с кодом КФ19 и снимает признак занятости ЛПС.

Процесс записи/чтения представляет совмещение процессов записи и чтения. Активная ЛПС посылает сообщение Ф2 с кодом КФ4. Адресованная ЛПС принимает направленное ей сообщение и формирует ответное, представленное форматом Ф2 (содержащее считываемые данные) с кодом КФ20.

9.2.4. Физическая реализация

Интерфейс реализуется в виде линий связи, образующих МК, и контроллеров связи, выполняющихся в виде функциональных узлов, входящих в состав ЛПС, или в виде отдельных устройств.

Для линий связи должен применяться коаксиальный кабель с $\rho = 75$ Ом и нагруженными с обоих концов резисторами $75 \text{ Ом} \pm 5\%$. Заземление или соединение линий связи с корпусами устройств в сопрягаемых ЛПС не допускается. Ответвления от линий связи выполняются кабелем длиной не более 3 м с $\rho = 75$ Ом. Подключение к линии связи должно осуществляться при помощи ВЧ-разъемов. Отключение любой из подсистем не должно приводить к разрыву линий связи.

Контроллеры связи должны содержать приемопередающие элементы (ППЭ), обеспечивающие: чувствительность по приему не хуже 240 мВ; уровень выходного сигнала $5 \text{ В} \pm 5\%$; входное/выходное сопротивление 20 кОм/37,5 Ом.

Формирование электрических сигналов для передачи в МК осуществляется модуляцией тактовой частоты сигналами передаваемого сообщения, каждому биту которого соответствует полный период тактовой частоты, причем фронт и срез передаваемого сигнала должны совпадать с переходом через ноль тактовой частоты. Соответствие символов, принимаемых из МК, значащим состояниям устанавли-

лняется следующим образом: символу 0/1 соответствует противоположная/одинаковая фаза относительно предыдущего символа.

9.3. ИНТЕРФЕЙС ИЛПС

9.3.1. Общие сведения

Интерфейс линейной связи с последовательной передачей информации (ИЛПС) предназначен для реализации сопряжения УС0, УВК с ЭВМ в АСУ ТП и многоточечного режима работы в РМВ по МК связи. ИЛПС применяется в АСУ ТП для управления непрерывными и дискретными процессами и может использоваться в условиях наличия электромагнитных помех. При этом возможно применение отдельных внутризаводских линий связи при условии их соответствия требованиям ИЛПС. Скорость передачи — в диапазоне от 31,25 до 4000 кбит/с, расстояние — до 3 км.

Технические характеристики ИЛПС

Принцип обмена данными	Бит-последовательный по двухпроводной витой паре или коаксиальному кабелю
Максимальная длина связи (включая длину отводов), км	3
Рекомендуемое число подсистем, не более	63
Номинальная скорость передачи, кбит/с	31,25; 62,5; ...; 500; ...; 4000
Представление сигналов	Двухфазная модуляция с фазоразностным кодированием
Циклический код защиты	Образующий полином $X^{16} + X^{12} + \dots + 1$
Частотность искажения сигналов, не более	10^{-6}
Способы повышения достоверности	Обнаружение ошибок, основанное на проверке всей рамки передачи
Избыточность	Возможно резервирование МК и централи, а также компонент для обеспечения работоспособности всей системы при отказе какой-либо части МК

9.3.2. Логическая организация

Обмен данными организуется по асинхронному принципу передачи адресного кода, по которому станция вызывается для передачи данных, и выполняется при помощи ограниченных последовательных битов, образующих рамку передачи. В целях оптимизации выполнения конкретных задач разделяются два логических интерфейса (две модификации ИЛПС), предусматривающих различные структуры рамок передачи: ИЛПС1 — с переменной длиной (256 или 1024 байт); ИЛПС2 — с фиксированной длиной (34 бита).

В ИЛПС установлены пять функций: прием (наиболее низкий приоритет); ответ; децентрализованное управление МК; запрос захвата МК; центральное управление МК (наивысший приоритет).

Типы станций определяются функцией наиболее высокого приоритета (из предусмотренных): принимающая (станция приема), управляющая, управляемая (станция ответа), управляющая с захватом МК, централь (управления МК). Станция, как правило, может выполнять все функции более низкого ранга. Станция считается активной относительно выполняемой в данной ситуации функции.

9.3.3. Логический интерфейс ИЛПС1

В ИЛПС1 допускаются два формата передачи: Ф1 — с постоянной длиной рамок (5 байт) без части данных для передачи сообщений управления (функционального кода) — (...R(Ae, F, As, K) R...); Ф2 — с переменной длиной: Ф2.1 — (...R(Ae, F, As, L, D...D, K) R...) до 256 байт, Ф2.2 — (...R(Ae, F, As, L1, L2/D, D...D, K) R...) до 1024 байт. Здесь R — байт ограничительной рамки; Ae — адрес приемной станции; As — адрес передающей станции; F — функциональный код; L1, L2 — длина данных; D — байт данных; K — контрольное поле (2 байта). Содержание рамки в Ф1 — (Ae, F, As), в Ф2 — (Ae, ..., D). Информационное поле HDLC в Ф2 — (As, ..., D).

Последовательность передачи разрядов байтов адреса, функционального кода, длины — начиная с младшего разряда, а контрольной части — начиная с разряда с наивысшей значимостью.

В реальных системах может применяться один из двух вариантов Ф2, различающихся максимальной длиной. Поле K — 16-разрядное.

Ограничение рамки и синхронизация по рамкам:

все рамки передачи начинаются и завершаются байтом ограничения (байт R), который служит одновременно для осуществления синхронизации по рамкам. Код байта R (01111110) не содержится в последовательности информации данных и в целях его исключения из кодовых комбинаций используется процедура бит-стаффинга;

прием рамки передачи независим от числа предшествующих или последующих байтов R.

Адресация станций осуществляется байтами адреса: 0 — не используется, 255 — общий адрес, адреса станций — 1...254.

Функциональный код определяется при помощи функционального байта F, разряды которого имеют следующее назначение: 1 — вид сообщения, 2 и 3 — формат передачи: 00 — Ф1, 01 — Ф2, 10 и 11 — резерв; 4 — порядковый номер передачи по 1/0 (первая передача/повторение); разряды 5...8 — коды.

Перечень функциональных кодов в формате в разрядах (1, 5...8):

- F1(1, 0000) — общая адресация;
- F2(1, 0001) — запись;
- F3(1, 0010) — чтение;
- F4(1, 0011) — запись/чтение;
- F5(1, 0100) — централизованный опрос станций;
- F6(1, 0101) — управление МК, передача управления МК;
- F7(1, 0110) — управление МК, возврат управления МК без QS;
- F8(1, 0111) — управление МК, возврат управления с QS;
- F9(1, 1000) — децентрализованный опрос С без ВА, без QS;
- F10(1, 1001) — децентрализованный опрос С без ВА, с QS;
- F11(1, 1010) — децентрализованный опрос С с ВА, без QS;
- F12(1, 1011) — децентрализованный опрос С с ВА, с QS;
- F13(1, 1100) — резерв;

• • • • •

F16(1, 1110) — резерв;
 F17(0, 0000) — резерв;
 F18(0, 0001) — запись (подтверждение приема);
 F19(0, 0010) — чтение (прочитанные данные);
 F20(0, 0011) — запись/чтение (подтверждение приема/прочитанные данные);
 F21(0, 0100) — ответ станции без ВА, без QS;
 F22(0, 0101) — ответ станции без ВА, с QS;
 F23(0, 0110) — ответ станции с ВА, без QS;
 F24(0, 0111) — ответ станции с ВА, с QS;
 F25(0, 1000) — резерв;
 F32(0, 1111) — резерв.
 Здесь ВА — запрос захвата МК, QS — квитирование общего адреса.

Возможные комбинации при выполнении процедур:

Процедура	Вызов	Ответ
Общая адресация	F1	—
Запись	F2	F18
Чтение	F3	F19
Запись/чтение	F4	F20
Централизованный опрос С	F5	F21/.../F24
Управление МК	F6/F7/F8	—
Децентрализованный опрос С	F9/.../F12	—

Часть данных рамки передач может содержать до 250 либо до 2017 байт данных, указываемых в байте длины L либо в L1 и L2. Кодирование данных произвольное.

Кодовая защита по рамкам обеспечивается: при постоянной длине рамки (ее ограничение) признаком R; при переменной длине рамки (согласно Ф2 ограничение рамки) дополнительно байтом длины L.

Достоверность передачи содержания рамки обеспечивается применением циклического кода согласно процедуре с образующим полиномом $G(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$. Содержание рамки при этом начинается после байта R и кончается перед первым разрядом байта K.

Контрольная часть рамки передачи состоит из 16 разрядов и представляет собой инверсию остатка, получаемого при делении (по модулю 2) полинома $P(X)X^{16} + X^k(X^{15} + X^{14} \dots + X + 1$ на полином $G(X)$, где $X=0$ или 1; k — число битов содержания рамки.

Процедуры передачи данных (запись, чтение, запись/чтение) содержат вызов станции, в которую необходимо записать либо из которой необходимо считать данные, и ответ вызванной станции.

Координация передачи данных выполняется организованными процедурами управления МК, централизованным и децентрализованным опросами станций (рис. 9.1).

Функции управления МК — передача и возврат управления МК. При выполнении функции управления МК центральный определяет активную управляющую станцию для процесса передачи, посылая рамку передачи, содержащую адрес управляющей станции (Ае), код F6 и собственный адрес (As). Принимающая управление вызван-

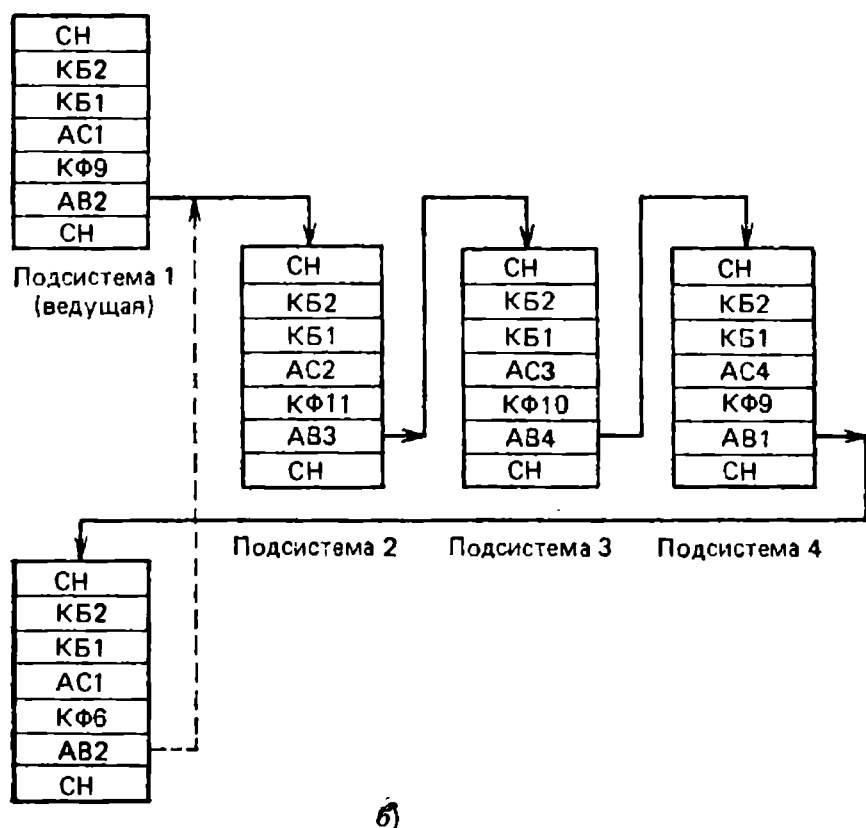
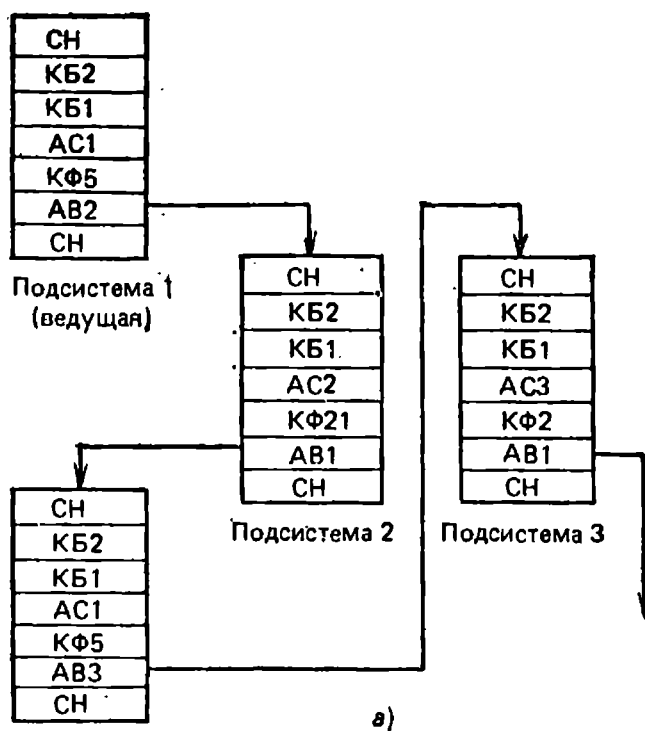


Рис. 9.1. Процедуры централизованного (а) и децентрализованного (б) опросов станций в ИЛПС1

ная станция в одном цикле передачи может выполнять несколько циклов обмена данными с процедурами записи и чтения. Для завершения процесса передачи активная управляющая станция выполняет возврат управления МК, посылая передаточную рамку к централи (Ае, F7/F8, As). После этого централь, в свою очередь, передает управление МК очередной управляющей станции. При отсутствии в ней данных, подлежащих передаче, станция возвращает сразу же после вызова управление МК централи.

Централизованный опрос станции — циклическая процедура чтения по очереди отдельных станций (с кодом F5). Каждая вызванная станция посылает централи ответ (код F21...F24). Процедура обеспечивает чтение определенной части памяти каждой станции, отводимой для кода F5. В этой памяти могут храниться данные, аварийные сигналы, запросы на захват МК и сообщения квитирования.

Децентрализованный опрос станций — быстрый опрос, при котором каждая станция вызывает следующую по очереди. Код F9...F12 служит для выявления запросов о захвате МК и для передачи подтверждения. Опрос инициируется центральной, после чего она следит за ходом опроса.

Запись: активная станция посылает рамку передачи, содержащую Ае, F2, As, записываемые данные и их адрес. Вызванная станция при условии неправильного приема отвечает рамкой передачи, содержащей Ае, F18, As.

Запись с общим адресом: централь посылает передаточную рамку с адресом 255, а подтверждение может быть произведено при помощи организационных процедур.

Чтение: часть данных рамки передачи содержит адресный код читаемых данных, а часть данных рамки ответа — прочитанные данные. Предполагается, что времена доступа к данным незначительны. При больших временах доступа целесообразно адресовать считываемые данные процедурой записи, а чтение соответствующих данных производить через некоторое время процедурой записи.

Запись/чтение — комбинированная процедура, используемая при сравнительно больших временах доступа для передачи данных, завершенных в одном предшествующем процессе передачи.

Обработка ошибок осуществляется при помощи одного или нескольких повторений, максимальное число которых устанавливается в зависимости от применяемых устройств. При невозможности правильного выполнения процедуры обмен с данной станцией заканчивается и продолжается обмен данными со следующей станцией. Повторная рамка передачи идентифицируется единицей в разряде 4 функционального кода.

Управление МК:

при централизованном опросе станций при неправильном приеме рамки передачи вызываемой станции или отсутствии ответа в установленное время централь повторяет вызов. При неисправности станции после выполнения процедуры всех повторений вызывается следующая станция;

при децентрализованном опросе станций в случае неисправности станции или неправильного вызова станции опрос прерывается, а централь заново запускает опрос на прерванном месте. При отклонениях от нормальной работы предусматривается повторение запуска централизованного опроса станций, а при неисправности станций вызывается следующая станция для запуска опроса;

процедура передачи данных при неисправности вызванной стан-

ции заключается в вызове очередной станции по окончании всех повторений или в возврате управления МК централи после окончания процесса передачи.

9.3.4. Логический интерфейс ИЛПС2

Структура рамки передачи длиной в 34 разряда (биты и поля): S(33) — старт-бит; F(32...30) — функциональный код; D(29...24) — целевой адрес станции; I(23...8) — информация, зависящая от функционального кода; C(7...0) — контрольное поле, содержащее контрольный код обнаружения ошибки.

Старт-бит используется для синхронизации приема и состоит из одного или более (до 8) символов 1.

Функциональные коды используются следующих типов: F1(001) — опрос станции, разрешение передачи; F2(010) — чтение; F3(011) — запись; F4(100) — данные; F5(101) — записываемые данные, 1 байт; F6(110) — извещение о конце сеанса обмена передачи информации об ошибках.

Возможные комбинации при выполнении процедур:

Код	Источник	Адресат	Ответ
F1	Ц	А	F7, F6
F2	Ц, А	А, П	F4
F3	А, Ц	А, П	F7
F4	А, П	А, Ц	При F3... F7, при F2...F7
F5	А, Ц	А, П	F7
F6	А	Ц	—
F7	А, П	Ц, А	—
F0	Ц	А, П	—

Здесь Ц — централь; А — активная управляющая станция; П — принимающая станция.

Адресация станций: 0 — адрес централи, 63 — общий адрес, 1...62 — адреса станций. Допускается закрепление нескольких адресов за одной станцией. Рекомендуется непрерывная нумерация станций в МК. Обработке подлежат только рамки передачи, целевой адрес которых совпадает с закрепленным за станцией адресом.

Информационное поле зависит от функции. В поле размещаются и передаваемые данные. Зависимость информационного поля от функционального кода приведена ниже.

Функциональный код	Информационное поле, бит
F1, F7, F0	X(23...8)
F2, F3	As(23...18), M(17...8)
F4	B(23...16), B(15...8)
F5	f(23...16), B(15...8)
F6	E(23...8)

Здесь X зависит от исполнения системы, As — адрес источника сообщения, M — адрес начала чтения/записи в ОЗУ; B — байт данных; f — дополнительный функциональный код; E — информация об ошибке.

Информационное содержание: X при F1 не обрабатывается, при

контрольного периода тайм-аута повторяется выдача последней рамки передачи (число повторений зависит от приложений). Описание отказа передается централь в информационной части передачи F6; 3) отсутствие или искажение ответа F7 на передачу опроса F1. В этом случае централь переходит в ожидание возврата управления, так как станция могла принять управление, а опрос следющей станции недопустим. При отсутствии или искажении рамки передачи возврата управления (F6) централь переходит к опросу следющей станции по тайм-ауту.

Функцией централи является и учет поступающих от станции описаний ошибок, а также извещения оператора об ошибках.

9.3.5. Физическая реализация

Линии связи МК реализуются коаксиальным кабелем и скрученным двухжильным проводом. Присоединение станций к линии осуществляется параллельно при помощи высокоомных устройств связи, в которых осуществляется гальваническое разделение между линией и станцией.

Максимальное расстояние передач — до 3 км. Это расстояние может быть меньше в связи с максимально допустимым затуханием по линии в 18 дБ (для тактовой частоты).

Оконечное согласование линии с обеих концов обеспечивается резисторами с активным сопротивлением, соответствующим ее волновому сопротивлению. Резисторы не должны отключаться при изъятии вилки из разъема.

Скорость передачи выбирается из следующего ряда: 31,25; 62,5; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000 кбит/с. Максимально допустимое отклонение составляет $\pm 0,1\%$. Синхронизация по битам осуществляется в приемнике, синхронизирующем свой такт с полученным тактом передатчика, и регулируется во время передачи данных. Общее затухание (по линии 18 дБ) и суммарное, вносимое 60 точками стыковок (6 дБ), должно быть меньше или равно 24 дБ. Приемное напряжение на соединителях устройств связи с линией для тактовой частоты выбирается из интервала 240 мВ...5 В. Используемый соединитель не регламентируется.

9.4. ИНТЕРФЕЙС PROWAY C

9.4.1. Общие сведения

Стандарт PROWAY разработан рабочей группой IEC/TC65/WG6 для PCY технологическими процессами. Версия стандарта PROWAY A основана на формате HDLC для рамки сообщений в соответствии с МOC 3309, а PROWAY B — на формате рамки, используемой в стандарте МЭК/TK57. Стандарт PROWAY C (1985 г.) базируется на документе МOC/ПМС 8802.4, определяющем стандарты IEEE 802.2 и 802.4 в качестве международных (табл. 9.4).

Стандарт PROWAY C (далее стандарт) определяет среду, интерфейс и протокол для уровней 1 и 2 модели БOC МOC (табл. 9.5).

Стандарт распространяется на PCY непрерывными и дискретными процессами широкого круга автоматизированных производств, индустриальные PCY, а по физической реализации — на интерфейсы средств, использующих электрические сигналы для передачи сообщений по коаксиальному кабелю. Однако в будущем версии стандарта могут определить и другую среду передачи, в первую очередь волоконно-оптическую.

Т а б л и ц а 9.4. Содержание стандарта PROWAY.

Номер раздела	Наименование раздела
1	Функциональные требования
2	Интерфейс PROWAY C
2A	Управление передачей данных, обслуживанием, обеспечиваемым подуровнем PLS канального уровня ВОС
2B	Административное обслуживание, обеспечиваемое управлением станцией
3 3A	Подуровень PLS управления каналом
3B	Формальное описание механизма PLS
4	Интерфейс MAC и спецификация обслуживания
5	Подуровень управления доступом к среде MAC
5A	Неформальное описание операций подуровня MAC
5B	Определения и требования подуровня MAC
5C	Формальное описание MAC
5D	Формат кадров

Т а б л и ц а 9.5 Соотношение разделов PROWAY C в модели ВОС МОС

ВОС	PROWAY C	Раздел
Уровень	Уровень	
Выше 2-го	Пользователь	2
2 — канальный	Подуровень PLS (ПФС)	3
	Подуровень MAC (УДС)	4
		5
1 — физический	Уровень PHY (ФИЗ)	6
0 — физическая среда	Среда	8
		9

Примечание. ПФС — передача физических сигналов; УДС — управление доступом к среде.

Основные характеристики требований стандарта

Число станций, не более	100
Длина магистрали, м, не более	2000
Номинальная скорость передачи, Мбит/с, не менее	1
Надежность передачи	10^{-8}
Надежность передачи при частотности искажения 10^{-6} , не более	$3 \cdot 10^{-13}$
Максимальная длина рамки данных, байт, не более	1014
Скорость передачи информации, кбит/с, не менее	300
Гарантированное время доступа, мкс, не более	50

Стандарт распространяется на любые типы устройств, обычно используемых в РСУ. Он поддерживает централизованные, децентрализованные, иерархические и комбинированные структуры интеллектуальных подсистем. Обмен осуществляется преимущественно в РМВ между двумя станциями непосредственно. Система допускает изменение конфигурации с сохранением работоспособности при отключении или подключении станций или их составных частей, переключение в режимах «дистанционное/местное управление», «готов/не готов», «питание включено/выключено», «занято/не занято».

Система содержит средства контроля эксплуатационных параметров линейных цепей, включая диагностику сбоев по магистральному каналу. Скорость передачи информации 300 кбит/с гарантируется при частотности искажения сигналов не более 10^{-6} .

Гарантированное время доступа не более 50 мкс обеспечивается при следующих условиях: длина 2 км, скорость передачи 1 Мбит/с, 100 станций связаны по кольцу с передачей маркера, 50 станций иницируют сообщения с длиной данных 16 октетов с циклической передачей маркера.

Средства избыточности системы должны обеспечивать работоспособность системы при отказе какой-либо части магистрального канала, а также возможность реконфигурации для достижения более высоких показателей назначения, включая автоматическое восстановление в случае сбоя и коррекцию.

9.4.2. Логическая организация

Процедуры обслуживания PLS соответствуют модели ВОС МОС с учетом специфики применения. Обслуживание передачи данных обеспечивает: посылку данных с квитированием (SDA); посылку данных без квитирования (SDN); запрос данных с ответом (RDR); восстановление удаленной станции (RSR).

Обслуживание связано с набором соответствующих примитивов (запрос, используемый локальным пользователем для обслуживания; подтверждение, возвращаемое локальным пользователем при завершении обслуживания; идентификация — сообщение, посылаемое удаленным пользователем при возникновении нештатного события).

Для каждого вида обслуживания связи определены соответствующие примитивы (табл. 9.6). Для управляющего сообщения (кадра) специфицированы приоритеты MAC и параметры классов обслуживания в зависимости от типа сообщения (табл. 9.7).

Все сообщения посылаемые/принимаемые подуровнем MAC, имеют следующий общий формат (в октетах): (преамбула/SD/FC/DA/SA/данные.../FSD/ED), где преамбула — синхронизирующая после-

Т а б л и ц а 9.6. Виды взаимодействия PLS

Вид обслуживания	Используемые примитивы
SDA	Запрос, подтверждение, идентификация
SDN	То же
RDR	То же для ответа
RSR	Запрос, подтверждение срочного ответа
RSR	Запрос, подтверждение

Т а б л и ц а 9.7. Приоритеты и параметры класса обслуживания МАС

Приоритет	Класс доступа	Использование
Высший	6	Крайне необходимые сообщения, т. е. взаимоблокировка, функции управления координацией взаимодействия
	4	Обычные управляющие действия и функции обслуживания по кольцу
	2	Подпрограмма сбора данных и индикации, функции изменения базы данных
Низший	0	Передача файлов и программ

довательность (1 октет и более для работы модема); SD — стартовый ограничитель (1); FC (код выполняемой функции (1); DA — адрес получателя (2); SA — адрес источника (2); данные — информация (0...1023) FCS — поле контрольных октетов (4); ED — ограничитель конца.

Октет выполняемой функции определяет класс посылаемого сообщения: управление МАС, данные LLC, данные управляющей станции, данные PLS (разряды 1, 2), а также тип управляющего кадра МАС в зависимости от разрядов 3...8: 00 — требование маркера, 01 — поиск следующего узла (1 окно), 02 — поиск следующего узла (2 окна), 03 — кто следующий (3 окна), 04 — разрешение спора (4 окна), 10 — маркер, 14 — установить следующий узел.

Структура поля данных имеет следующий формат (в разрядах): FF (1, 2) — тип кадра (01 — данные LLC; 10 — данные управляющей станции; 11 — данные PLC); MMM (3, 4, 5) — класс подтверждения (000 — запрос без ответа, 001 — запрос с ответом; 010 — ответ); PPP (6, 7, 8) — приоритет (соответственно 6 (высший), 4, 2, 0 (низший)).

Формат поля адреса приемника (0/1, 15-разрядный адрес): 0/1 — признак индивидуальной/групповой адресации; 7 разрядов резервируются, а 8 разрядов определяют индивидуальный адрес от 0 до 255.

Формат поля адреса источника идентичен предыдущему, за исключением первого разряда, который всегда равен 0.

Поле контрольных байтов образует контрольную часть, основанную на использовании циклического кода с полиномом $X^{32} + X^{26} + \dots + X + 1$.

9.5. СПЕЦИФИКАЦИЯ МАР

9.5.1. Общие сведения

Спецификация МАР (Manufacturing Automation Protocol — протокол автоматизации производства) представляет совокупность протоколов, поддерживаемых и одобренных ведущими зарубежными промышленными фирмами, включая изготовителей ЭВМ и микропроцессорных систем.

Спецификация МАР 2.1 соответствует стандарту IEEE 802.4 и реализует в различных вариантах исполнения от 4 до 6—7 уровней

ВОС МОС. В МАР предусмотрено использование широкополосной магистральной ЛВС с быстродействием 5 (ранние варианты) и 10 Мбит/с в пределах всего предприятия.

В массовых каналах связи на крупных промышленных предприятиях (на нижнем базовом уровне) применяют вариант МАР 2.1, основанный на стандарте IEEE 802.3 (передача в основной полосе частот с парами разнесенных частот), с быстродействием до 10 Мбит/с. Эти базовые сети ориентированы на два варианта архитектуры МАР 2.1: первый — реализует все 7 уровней модели ВОС МОС с вполне приемлемыми скоростными характеристиками для работы в РМВ; второй — с улучшенными скоростными характеристиками (ЕРА, известный также под названием сжатой архитектуры). Второй вариант предусматривает факультативную возможность исключения из базовой сети средств уровней 3..6 модели ВОС, что ускоряет передачу данных благодаря сокращению накладных затрат, связанных с работой программных средств этих уровней, однако одновременно уменьшает функциональные возможности. Для варианта с ЕРА рекомендуемое число узлов на базовую сеть составляет 32.

Локальные сети РСУ, использующие стандарт IEEE 802.3 и реализующие все 7 уровней модели ВОС, обладают достаточными скоростными характеристиками для работы в РМВ, что обеспечивает совместное использование двух вариантов архитектур в средствах и станциях РСУ.

9.5.2. Спецификация МАР 2.1

Спецификация МАР определяет требования к аппаратному обеспечению (максимальная/минимальная длина связи, скорость передачи данных и уровень сигнала), программному обеспечению и основным параметрам сообщения (длина, формат сообщения, коды обнаружения ошибок)

В соответствии с эталонной моделью ВОС/МОС для МАР уровни 1..7 поддерживаются следующими спецификациями:

1. Физический уровень (передача кодированных сообщений между смежными узлами, модулями, скорость передачи данных): ISO/DIS 8802.3 «Шина со случайным доступом»; ISO/DIS 8802.4 «Шина с маркерным доступом» (только для МАР); ISO/DIS 8802.5 «Кольцо с маркерным доступом» (только для TOP).

2. Уровень звена данных (управление передачей данных, снижение частоты ошибок и передаваемых данных, предоставление услуг сетевому уровню): ISO/DIS 8802.2. «Управление логическим звеном».

3. Сетевой уровень (передача пакетов данных, маршрутизация данных): ISO 8473 «Сетевой протокол без установления соединения».

4. Транспортный уровень (адресация пользователей, разборка и сборка сообщений сеансового уровня, их доставка от отправителя к адресату): ISO 8073 «Протокол транспортного уровня, класс 4».

5. Сеансовый уровень (организация взаимодействия между прикладными процессами, синхронизация диалога, защита от ошибок): ISO 8327 «Протокол сеансового уровня».

6. Уровень представления данных (преобразование синтаксиса и форматов данных, обеспечение независимости прикладных процессов от различий в форме и синтаксисе данных): ISO/DIS 8824/25 «Язык и кодирование абстрактного синтаксиса ASN.1»; ISO/DIS 8823 «Протокол уровня представления».

7. Прикладной уровень (обработка информации прикладными процессами, протоколами общего назначения): ISO/DIS 8571 «Передача файлов — FTAM», МККТТ Х.400 «Системы обработки сообще-

ний — MHS» (только для TOP); ISO/DIS 9041 «Протокол виртуальных терминалов — VT» (только для TOP); рабочие документы ISO по протоколу обработки данных, ориентированному на задания, — TOP и по спецификации производственных сообщений — MMS (только для TOP).

Работы по совершенствованию и развитию MAP предусматривали завершение версии 2.2, в 1987 г. — версии 3.0, а наиболее полной и совершенной версии MAP — в 1988 г.

Одной из наиболее важных проблем является создание необходимых комплексных средств для испытания оборудования на соответствие спецификации MAP. Национальное бюро стандартов США для этих целей используют испытательную сеть OSINET, созданную ведущими фирмами США и используемую более чем 100 фирмами.

Развитие MAP осуществляется:

в США по проектам GM Technical Centre, GM и NBS, GM и US MAP User Group;

в рамках международных проектов с участием американской, европейской, канадской и японской рабочих групп по MAP;

в странах ЕЭС в рамках программы, входящей в ESPRIT и известной под названием CNNA;

в Англии в рамках европейских групп пользователей MAP по протоколам всех семи уровней и по версии MAP с парой разнесенных частот, координирующих работы отделения фирмы IBM для более 180 членов EMUG;

в Японии в рамках комиссии по MAP, начавшей свою деятельность в 1987 г., что объясняется спецификой организации производства и более сдержанным подходом к внедрению MAP.

Разработанные несколькими фирмами БИС и СБИС реализуют 1...4 и 1...6 уровней протокола MAP, отдельные серии интерфейсных модулей обеспечивают сопряжение средств MAP с системными интерфейсами ЭВМ фирм DEC, IBM, Intel и др., а также с системами управления более высокого уровня и совместное функционирование различного оборудования. Модули реализуются в основном на МП типа 8086, 80186, 80286 и др.

9.6. ИНТЕРФЕЙСЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ МУЛЬТИПЛЕКСНЫХ КАНАЛОВ

9.6.1. Общие сведения

Для локального многоточечного соединения распределенных подсистем специального назначения широко применяются стандартизированные интерфейсы последовательных мультиплексных (магистральных) каналов (МК) типа MIL-1553B, MIL-1773. Интерфейсы обеспечивают расширенные режимы адресации, включая широкоэмительный режим, защиту от помех и идентификацию ошибок передачи.

В состав МК входят контроллер (К), оконечные устройства (ОУ) в количестве до 31, линии передачи информации. *Контроллер*, обычно входящий в состав ЭВМ, управляет обменом информацией, осуществляет сопряжение с линией передачи и контроль передачи информации, состояния ОУ и самоконтроль. *Оконечное устройство* принимает и выполняет адресованные ему команды контроллера, осуществляет сопряжение подключенного оборудования с линией передачи информации, контролирует передачу информации, производит самоконтроль и передает результаты контроля в контроллер.

9.6.2. Логическая организация

Обмен информацией осуществляется по принципу команда-ответ с временным разделением сообщений. Информация передается в МК в виде сообщений, состоящих из *командных (КС), информационных (ИС) и ответных слов (ОС)*.

В МК предусмотрены три вида передач сообщений: от К к ОУ; от ОУ к К; от ОУ к ОУ. Порядок следования сообщений произвольный.

Форматы сообщений при передаче информации: 1) от К к ОУ — (КС, ИС, ..., ИС, Т1, КС, Т3); 2) от ОУ к К — (КС, Т2, ОС, ИС, ..., ИС, Т3); 3) от ОУ к ОУ — (КС, КС, Т2, ОС, ИС, ..., ИС, Т1, ОС, Т3), где Т1, Т2, Т3 — времена соответствующих пауз (Т1 — между последним ИС массива и ОС; Т2 — между КС и ОС; Т3 — между последним ИС или КС и КС следующего сообщения).

Формат командного сообщения (приказа) от К к ОУ — (КС, Т2, ОС, Т3). Информационные сообщения передаются пословно или массивами длиной до 32 слов. *Передача информации* осуществляется последовательным цифровым кодом по общей линии МК, асинхронным способом с выделением синхронизирующих сигналов из принимаемого кода в полудуплексном режиме.

Формат КС, ИС, ОС (в разрядах): С — синхросигнал (3), информация — ($2^{15}...2^0$), Р — контроль по нечетности (1).

Информация длиной более 16 разрядов передается последовательно в двух словах, в первом — с большим весом, во втором — с меньшим весом, неиспользованные разряды — в виде лог. 0.

Командное слово содержит следующие поля (разряды): адрес ОУ (5); признак «прием/передача» (1); подадрес/режим управления (5); число информационных слов/код режима управления (5).

Каждому ОУ присваивается один из 32 адресов, за исключением адреса 31, зарезервированного для специальных целей (широковещательного режима). Подадрес используется для указания адреса вводимой/выводимой информации. Код 0 подадреса указывает ОУ, что поле числа слов содержит код команды управления.

Число информационных слов указывается ОУ в двоичном коде, причем коду 0 соответствует число 32. Команды и коды режима управления приведены в табл. 9.8 и используются с учетом функционального назначения ОУ или К. *Информационное слово* содержит следующие поля (в разрядах): С (3); информацию (16). *Ответное слово* содержит следующие поля (в разрядах): С (3); адрес ОУ (5); признаки состояния (11).

Т а б л и ц а 9.8. Команды режима управления

Наименование	Обозначение	Код
Принять управление каналом	ПУК	00000
Передать ответное слово	ПОС	00001
Провести самоконтроль	ПС	00010
Блокировать передатчик	БП	00011
Разблокировать передатчик	РП	00100
Установить исходное состояние	УИС	00101
Резерв	—	00110...11111

Поле признаков состояния содержит следующие разряды: «ошибка в сообщении» (указывает наличие/отсутствие достоверности принятого ОУ предыдущего сообщения); «подсистема занята» (при лог. 1 сообщает К, что подсистема не может передать данные ОУ); «принято управление каналом» (при лог. 1 сообщает в ответ на соответствующую команду, что другой К, выполняющий в данный момент функции ОУ, принял управление каналом); «неисправность окончательного устройства» (при лог. 1 сообщает К о неисправности ОУ); разряд контроля по четности, который используется обычным образом.

9.6.3. Функциональная организация

Команда ПУК указывает К, работающему в данный момент времени как ОУ, на то, что он должен принять управление каналом. Контроллер, приняв адресованную ему команду, выдает ОС, в котором устанавливает соответствующий разряд в поле признаков состояния, после чего берет управление МК. Если К указывает в ОС, что он не принимает команду, то К, передавший команду, продолжает осуществлять управление МК.

По команде ПОС окончательное устройство передает ответное слово, по ПС — проводит самоконтроль, по БП — блокирует передатчик, соединенный с резервной шиной, производит установку необходимых схем и узлов в исходное состояние.

Сообщения передаются без пауз между: КС при передаче от ОУ к ОУ; КС и первым ИС массива при передаче от К к ОУ; ИС массива; ОС передающего ОУ и первым ИС массива.

При передаче сообщений паузы T_1 , T_2 должны быть (в интервале от 2 до 10 мкс) между: КС и ОС (T_2); последним ИС массива и ОС (T_1). Пауза T_3 между последним ИС или ОС сообщения и КС следующего сообщения — не менее 2 мкс.

В качестве кода передачи информации применяется биполярный двухуровневый фазоманипулированный код без возвращения к нулю, так называемый код Манчестер-II. Скорость передачи составляет $1 \text{ Мбит/с} \pm 0,1 \%$.

Слово, принятое К или ОУ, должно удовлетворять следующим требованиям: 1) началом слова является синхросигнал (3 бита); 2) 17 информационных сигналов соответствует используемому коду (Манчестер-II); 3) 16 разрядов слова удовлетворяют проверке на четность. При несоответствии принятого слова этим требованиям оно считается недостоверным. В этом случае в ответном слове устройства устанавливается лог. 1 в разряде «ошибка в сообщении».

Контроллер повторно производит передачу сообщения, если: ОС, поступившее в К, содержит лог. 1 в разряде «ошибка в сообщении»; принятая К информация недостоверна; ОС не поступает в К в течение 10 мкс после передачи им КС или последнего ИС, после передачи К второго КС или после передачи ОУ последнего ИС. Число повторных передач сообщений и формирование признака отказа оборудования определяется в зависимости от функционального назначения системы (комплекса).

9.6.4. Физическая реализация по MIL-1553B

Линия представляет магистральную шину с ответвлениями (шлейфами), согласованную с обеих сторон резисторами $R_0 = 75 \text{ Ом} \pm 5 \%$. Подключение к МК осуществляется с соединительной коробкой (СК) или без нее через схему, содержащую защитные резисторы ($R_s =$

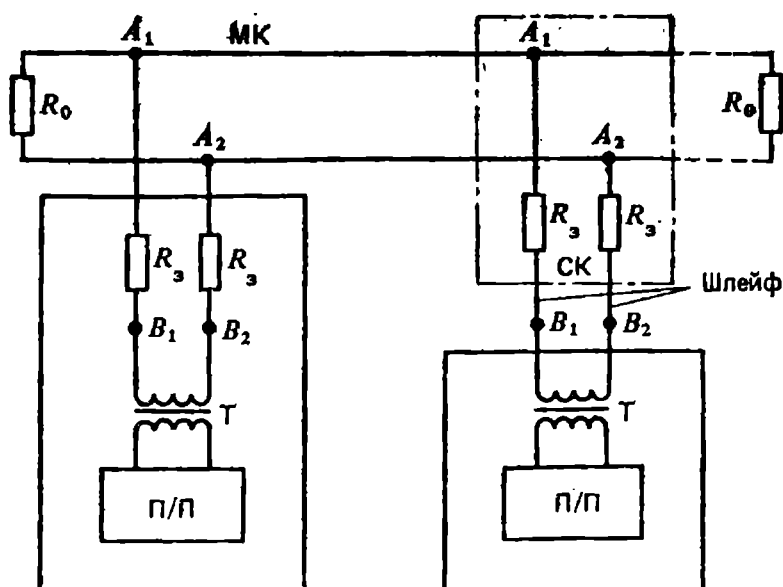


Рис 9.3. Схема подключения к магистральному каналу MIL-1553B

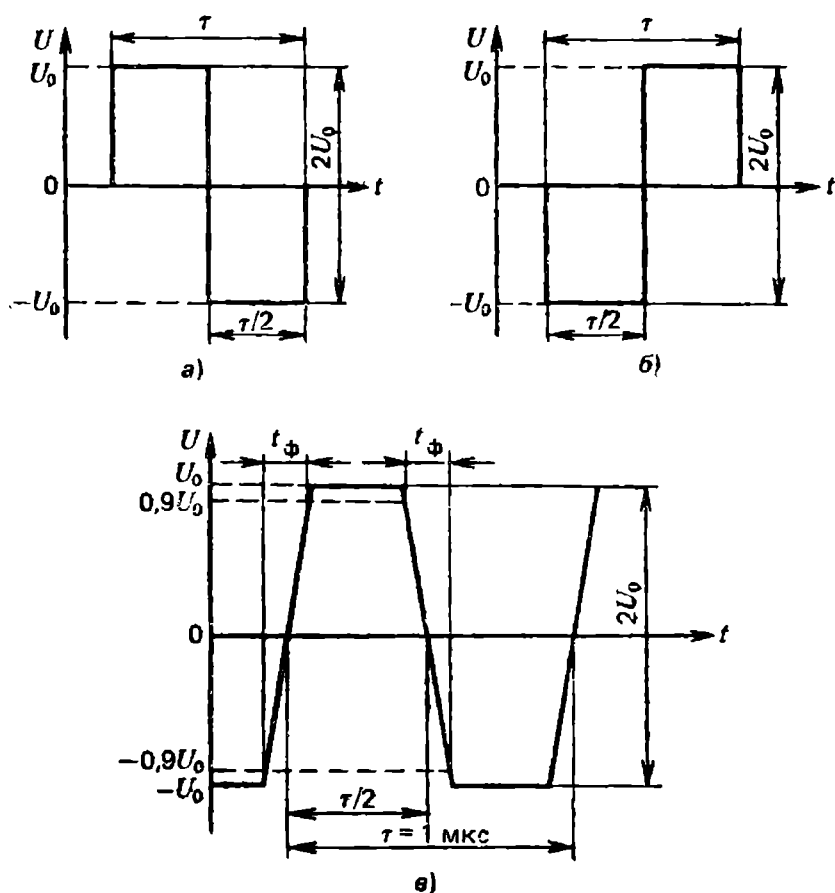


Рис. 9.4. Сигналы передачи информации в магистральной MIL-1553B:
 а — лог.1; б — лог.0; в — форма сигнала

$=56 \text{ м} \pm 5 \%$), трансформатор гальванической развязки (Т), приемник/передатчик (П/П) (рис. 9.3).

К МК длиной не более 100 м обычно подключается не более 32 шлейфов длиной не более 6 м каждый. В специальных случаях возможно подключение до 64 ОУ при длине шлейфов не более 0,1 м, входном сопротивлении П/П не менее 6 кОм, длине МК до 120 м с волновым сопротивлением $\rho = 150 \text{ Ом}$.

Кабель линии передачи выполняется в виде симметричного экранированного кабеля на основе витой пары проводов с волновым сопротивлением $\rho = 75 \text{ Ом} \pm 10 \%$. Волновое сопротивление кабеля шлейфа — $150 \text{ Ом} \pm 10 \%$. Затухание сигналов на 1 м длины кабеля на частоте 1 МГц — не более 0,03 дБ при электрической емкости не более 90 пФ. Число скруток жил на 1 м длины кабеля — не менее 40 для кабеля с $\rho = 75 \text{ Ом}$ и не менее 25 для кабеля с $\rho = 150 \text{ Ом}$.

Т а б л и ц а 9.9. Линии и сигналы внутриблочного сопряжения

Наименование	Назначение
Информация	Цифровая информация, передаваемая в одном из двух направлений. Каждый информационный разряд передается в момент времени, совпадающий с положительным фронтом синхронимпульса
Синхронизация	Последовательность импульсов, поступающих с частотой 1 МГц из ОУ в оборудование. Число импульсов равно суммарному числу разрядов информационных слов, передаваемых в сообщении. Изменение сигнала «Запрос» с лог. 1 на лог. 0 является признаком передачи последнего синхронимпульса
Запрос	Сигнал из ОУ в оборудование. Лог. 1 указывает на инициацию передачи информации в одном из двух направлений, а лог. 0 — на окончание передачи
Подтверждение	Сигнал из оборудования в ОУ. Лог. 1 идентифицирует принятие лог. 1 сигнала «Запрос» и готовность оборудования к передаче данных. Лог. 0 указывает на принятие оборудованием лог. 0 сигнала «Запрос» и на окончание передачи информации
Флаг	Сигнал из оборудования в ОУ указывает ему на наличие запроса от оборудования для ввода информации
Блокировка	Сигнал из ОУ в оборудование. Лог. 1 указывает на ввод информации в ОУ, которому запрещается иницировать ввод информации при лог. 1 сигнала «Флаг». Лог. 0 указывает на вывод информации из ОУ
Ошибка	Сигнал из ОУ в оборудование. Лог. 1 идентифицирует ошибку по четности при приеме в ОУ информации. Сигнал переходит из лог. 1 в лог. 0 при изменении сигнала «Подтверждение» с лог. 0 на лог. 1

Вид электрических сигналов передачи информации соответствует требованиям рис. 9.4. Сигналы, поступающие от передатчика в МК: диапазон изменения полного размаха сигнала — 3...10 В, длительность полуволны информационного сигнала — $0,50 \text{ мкс} \pm 5 \%$; длительность фронта и среза — 0,1...0,15 мкс.

Сигналы, поступающие из МК на вход приемника (в точках В1, В2): диапазон изменения полного размаха сигнала — 1...10 В; форма сигналов — от прямоугольной до синусоидальной; входное сопротивление — не менее 2 кОм в диапазоне частот 0,1...1 МГц.

Оконечное устройство и совмещение с ним оборудования сопрягаются через цифровой интерфейс, назначение линий которого приведено в табл. 9.9. Информация передается по шине последовательным кодом в виде 17-разрядных двоичных слов, причем последним передается разряд по нечетности. Скорость передачи информации — $1 \text{ Мбит/с} \pm 0,1 \%$.

9.6.5. Физическая реализация по MIL-1773

Интерфейс рассчитан на применение *оптоволоконных линий связи*, совместим на уровне программных и основных технических средств сопряжений с интерфейсом MIL-1553В. Интерфейс разработан для более надежной работы оборудования в условиях возможности физических повреждений, электромагнитных помех и радиации.

В модифицированных блоках сопряжения сохраняются скорость передачи (1 Мбит/с) и способ кодирования (Манчестер-II), что обеспечивает совместимость с существующим стандартом MIL-1553В.

В интерфейсе используется *трехуровневый код* (+V1, -V1, 0). Применение оптических приемников с тремя выходными состояниями при наличии на входе только двух обеспечивает возможность непосредственной замены существующих приемников на оптические. Вероятность ошибки двух интерфейсов одинаковая и составляет не более 10^{-7} при различных условиях передачи сигналов.

Таблица 9.10. Основные параметры

Обозначение	Назначение
ФТЛ	Согласование КДК или КОУ с трансформатором гальванической развязки
КДК	Преобразование униполярного последовательного и фазоманипулированного кодов
КОУ	Стыковка МК с 16-разрядной параллельной шиной, преобразование униполярного и фазоманипулированного кодов
УО	Нормирование сигналов на выходе трансформатора

В отличие от топологии МК в интерфейсе MIL-1773 применяются пять различных типов структур: передающая и обратная звезда, двунаправленная и однонаправленная Т-схема, гибридная схема, относящиеся к нижнему уровню.

Развитие MIL-1773 предусматривает в последующем повышение скорости передачи до 40 Мбит/с для волоконно-оптических линий в будущих широкополосных каналах связи.

9.6.6. Интерфейсные БИС

Для эффективной организации отечественных МК применяются интерфейсные БИС серии К588, в состав которых входят: формирователь трансформаторной линии (ФТЛ, 588ВА2); усилитель-ограничитель (УО, 588ВА3); кодер-декодер манчестерского кода (КДК, 588ВТ3); контроллер ОУ (КОУ, 588ВТ6); магистральный приемопередатчик (МПП, 588ВА1).

Основные параметры интерфейсных БИС серии К588 даны в табл. 9.10. БИС ФТЛ (табл. 9.11) усиливает электрические сигналы при передаче и преобразует биполярный код в униполярный фазоманипулированный при приеме данных. В состав БИС входят передатчик, приемник и схема управления для выработки сигнала начального сброса и управления направлением передачи данных при ретрансляции сигналов. БИС УО нормализует уровни электрических сигналов, выполняет роль фильтра нижних частот и согласовывает по входу сигналы с трансформатором.

БИС КДК (табл. 9.12) содержит независимые декодер и шифратор, имеющие общий вход начального сброса. Декодер осуществляет прием униполярного фазоманипулированного кода от ФТЛ, модуляцию его частотой 12 МГц, распознавание типа синхроимпульса и контроль двух первых битов данных, после чего выдаются сигналы и CD, и TD. На выход DO поступает преобразованный униполярный код, синхронизируемый соответствующей частотой (вывод СО). Все слова контролируются по правильности манчестерского кода, числу битов данных.

интерфейсных БИС МК

Действующие функции	Разрядность, бит		Напряжение питания, В	Число выводов
	ПС	шины данных		
Ретрансляция с восстановлением уровня и крутизны фронтов сигналов	—	1	$5 \pm 0,5$	24
Распознавание команд-данных, контроль четности, программирование разрядности слов	2. .28	1	$5 \pm 0,5$	42
Распознавание адреса в канале, контроль слов, распознавание команд-данных, команд общего режима, контроль четности	16	16/8	$5 \pm 0,5$	48
Фильтрация низкочастотных помех	—	1	$5 \pm 0,5$; $-5 \pm 0,5$	16

Т а б л и ц а 9.11. Организация БИС прямопередатчика ФТЛ

Обозначение вывода	Назначение вывода
T10, T11	Входы приемника
D10, $\overline{D10}$, D11, $\overline{D11}$	Выход приемника
SS	Вход блокировки приемника
D00, D01	Входы передатчика
T00, T01, T10, T11	Выходы передатчика
ST	Вход блокировки передатчика
RS	Вход схемы контроля питания
R, Y	Выход начального сброса, управления при ретрансляции
E, 0	+5; 0 В

ных, четности, минимальной длительности пауз и непрерывности В БИС возможно программировать разрядность ИС и полярность бита четности, что упрощает диагностику МК и повышает его эффективную производительность в результате адаптации к различной разрядности ОУ.

Т а б л и ц а 9.12. Организация БИС кодера-декодера

Обозначение вывода	Назначение вывода
D10, D11, UD	Биполярный и униполярный входы данных
F	Вход синхронизации декодера и делитель частоты (12 МГц)
F1, F0	Вход, выход синхронизации шифратора (2 МГц)
D1, D0, C1, C0	Вход, выход последовательных данных и их синхронизация
TS, SF	Разрешение синхронизации декодера
DR, MR	Сброс декодера и общий сброс КДК
ID, TD	Выходы stroba выдачи (взятие) слова
C, D	Стробы приема команд, данных
VW	Сигнал правильности слова
CS	Выбор контроля декодера (чет-нечет)
DC	Вход задания типа синхронимпульса
D00, D01	Выходы фазоманипулированного кода
ST	Запрет выдачи фазоманипулированного кода
S, PS	Запуск, выбор контроля шифратора
CD	Выход синхронизации передачи (выдачи) слова
C0,...,C4	Входы задания разрядности информации (от 2 до 28 бит)
ES, FS	Разрешение приема, вход синхронизированных данных
FD	Синхронизация входа
E; 0	+5; 0 В

Т а б л и ц а 9.13. Организация БИС КОУ

Обозначение вывода	Назначение вывода
SEIN, SED	Вход «Выбор команд», «Выбор данных»
BIT1,...,BIT16	Вход/выход «BIT униполярного слова»
ERD1, EWD1	Вход «Разрешение считывания, записи ВУ1»
ERD2, EWD2	Вход «Разрешение считывания, записи ВУ2»
SAINS	Выход «Состояние командного слова»
SNA, CHD	Выход «Контроль адреса», «Контроль данных»
MO, INS	Выход «Общий режим», «Команда»
A0,...,A4	Вход «Адрес 1-го,..., 16-го разряда»
CC	Выход «Условие К/ОУ»
CCD	Выход «Условие заполнения регистра кадра»
DINSI, DINSO	Вход, выход биполярной единицы данных-команд
INSI, INSO	Вход, выход биполярного поля данных-команд
REF	Вход «Ретрансляция»
GN1, GN2	Выход, вход/выход генератора
SYN	Вход «Синхронизация»
STINS, STD	Вход «Пуск команд», «Пуск данных»
SK	Установка в исходное состояние
CCR GDK	Выход «Условие незаполненности регистра декодера»
U _{cc} : 0	5; 0 В

БИС КОУ (табл. 9.13) в процессе преобразования в биполярный код формирует синхриимпульс и бит четности. В процессе обратного преобразования КОУ осуществляет распознавание синхронимпульса, контроль информации, распознавание адреса, контроль четности с соответствующей сигнализацией об ошибке.

БИС МПП обеспечивает двунаправленную передачу байта с инверсией или без инверсии, подтверждение передачи, формирование бита четности, контроль информации на четность. БИС служит для согласования нагрузочной способности устройств и обеспечивает стандартные ТТЛ-уровни выходных сигналов К588ВА1 ($I=8$ мА при $U=0,5$ В). МПП содержит блоки: усилителей для первого и второго каналов; управления усилителями; формирование бита четности и контроля информации на четность.

БИС обеспечивают МК длиной 100 м с 32 шестиметровыми шлейфами, а также организацию каналов большей протяженности. Это достигается ретрансляцией сигналов, основа для которой заложена в ФТЛ.

Наличие набора интерфейсных БИС обуславливает экономическую целесообразность создания малых РСУ на базе МК для многих областей применения, главным образом для различных производственных предприятий с жесткими условиями эксплуатации. Типичным примером использования является локальная сеть C-Net на основе БИС интерфейса MIL-1553В.

9.7. ИНТЕРФЕЙС Bitbus

9.7.1. Общие сведения

Магистраль связи Bitbus представляет собой быстродействующую последовательную управляющую магистраль, предназначенную для построения иерархических систем. На магистрали один задатчик организует связь с несколькими исполнителями, которые могут включать узлы ввода-вывода или быть программируемыми контроллерами. Магистраль обеспечивает построение высокофункциональных недорогих систем. Это достигается путем существенного упрощения протокола и сокращения программных затрат.

Иерархическая модель может включать один или несколько уровней. Многоуровневая модель состоит из нескольких систем Bitbus. Интерфейс обеспечивает обмен сообщениями между задачами задатчика и исполнителей. Задачи в задатчике передают команды задачам в исполнителях, которые реагируют ответами. Такой уровень программно-аппаратного обеспечения обуславливает сравнительную простоту интерфейса.

Основным элементом интерфейса является *узел*. Узел может состоять либо из устройства (У), либо из устройства и его расширения (Р) или повторителя (П). Задатчик управляет всеми операциями по магистрали. В системе может быть только один задатчик. Он инициирует операции посылкой сообщения, содержащего команду исполнителю. Затем задатчик опрашивает исполнителя до тех пор, пока не получит ответного сообщения.

При нормальной работе каждая посылка от задатчика подтверждается адресуемым исполнителем. Если в данный момент времени ответ не готов, исполнитель передает подтверждение связи. Это освобождает задатчик для выполнения других операций, например посылки другого сообщения или опроса другого исполнителя.

Задатчик может быть размещен в одном узле, или же его функция может передаваться другим узлам. Передача функции задатчика в системе осуществляется по схеме, аналогичной передаче эстафеты.

Необходимо отметить, что через повторители передача функций задатчика невозможна.

Исполнитель в системе является отвечающим. В одной системе может быть до 250 исполнителей (с адресами 1...250). Исполнитель сам не может инициировать передачу. Он может только реагировать ответами на команды задатчика.

Расширитель является дополнительным процессором узла и позволяет строить недорогие узлы на базе одного процессора-расширителя и процессора для сопряжения с интерфейсом. При разделении задач, выполняемых на этих двух процессорах, процессор сопряжения может разгружать прикладной процессор, в то время как прикладной процессор может иметь возможность передавать сообщения непосредственно по магистрали. Эта возможность может быть также использована для реализации шлюзов между несколькими системами, образующими многоуровневую иерархию.

Повторитель — это узел, используемый для регенерации сигналов магистрали. Повторители используются для увеличения расстояния или числа узлов внутри системы.

9.7.2. Логическая организация

Задатчик использует механизм передачи состояния по магистрали для поддержания сведений о последнем известном состоянии каждого исполнителя. Это состояние используется при следующей передаче и контролируется. Если оно неправильное, то предпринимаются соответствующие восстановительные действия. Состояние исполнителя состоит из режима исполнителя и счетчика последовательности.

Исполнитель всегда находится в одном из двух режимов: в режиме нормального разъединения (РНР) или режиме нормального ответа (РНО). Исполнитель входит в РНР после локальной установки в исходное состояние или когда он обнаруживает неисправимую ошибку протокола. В этом режиме исполнитель ожидает специальной команды от задатчика для перехода в РНО. Обмен сообщениями с задатчиками в этом режиме запрещен.

Исполнитель переходит в РНО только после специальной команды от задатчика. После входа в РНО исполнитель считается «засинхронизируемым» с задатчиком, что означает совпадение всех счетчиков последовательности (они все устанавливаются в нуль). В этом режиме исполнитель может обмениваться сообщениями с задатчиком до тех пор, пока поддерживается «синхронность» (пока отсутствуют ошибки счета).

В РНО счетчики последовательностей используются задатчиком и каждым исполнителем для гарантии того, что кадры не теряются и не дублируются. Счет кадров осуществляется с помощью двух пар 3-битовых счетчиков последовательностей. Каждый исполнитель ведет счет последовательности принятых кадров (СчПр) и счет последовательности переданных кадров (СчПд). Задатчик поддерживает соответствующую пару счетчиков для каждого исполнителя, с которым он связывается. Исполнитель считается «засинхронизированным» с задатчиком, если в счетчиках правильные значения. Счетчики последовательностей исполнителя являются частью его состояния. Содержимое счетчиков последовательностей в задатчике информирует его о состоянии исполнителя.

Счетчик СчПр указывает на порядковый номер следующего ожидаемого сообщения. Счетчик СчПд, в свою очередь, указывает на порядковый номер следующего сообщения, ожидающего подтверждения (готового или неготового). При каждой передаче в РНО эти числа включаются в сообщения и проверяются. В случае невозможности ошибки счета последовательности от задатчика требуется проведение повторной синхронизации с исполнителем путем перевода его в РНР с последующим переходом в РНО. В других случаях исполнитель может оставаться в РНР.

Все кадры используют *формат* (в байтах): флаг (1), адрес (1), управление (1), информация, код циклического контроля (КЦК) (2), флаг (1). Каждое из полей состоит из одного или более байтов, причем младший бит передается первым. *Поля флагов* предназначены для ограничения кадра.

Поле адреса содержит адреса исполнителя, участвующего в передаче. Для передающего задатчика это поле указывает на приемный исполнитель. Для передающего исполнителя это поле указывает задатчику на исполнитель-источник. Если данное поле не совпадает с адресом исполнителя, кадр игнорируется.

Поле управления используется для команд и обмена статусом и содержит три класса операций: синхронизацию, управление и обмен

сообщениями. Процедура синхронизации выполняется с помощью нумерованных кадров, счет последовательности не ведется. После того как задатчик засинхронизируется с исполнителем, в отсутствие сообщений часто необходим обмен статусной информацией. Это делается с помощью супервизорных кадров, используемых задатчиком для опроса исполнителя, а исполнителем — для подтверждения приема правильного кадра от задатчика.

Информационные кадры используются для передачи сообщений после синхронизации так же, как и супервизорные. Помимо сообщения в его порядкового номера информационные кадры несут ту же статусную информацию, что и супервизорные, и могут считаться обобщением супервизорных кадров. Поле информации используется для переноса сообщений. Это поле необходимо в информационных кадрах, а в супервизорных и нумерованных кадрах отсутствует.

Поле КЦК обеспечивает обнаружение ошибки в магистрали на самом низком уровне, содержит 16-битовый код. Передающий узел генерирует и передает это поле, а приемный проверяет его правильность. Приемный узел игнорирует поступающий кадр, если КЦК не совпадает. Код циклического контроля генерируется стандартным полиномом $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$.

Операции в магистрали выполняются с использованием трех типов поля управления: нумерованного, супервизорного, информационного. В Bitbus используется подсистема определенных управляющих полей, в которых биты опроса и окончания всегда установлены. Это означает, что на кадры, посылаемые задатчиком, всегда ожидается ответ от адресуемого исполнителя (бит опроса установлен), а кадры, посылаемые исполнителем, всегда возвращают управление к началу задатчику (бит окончания установлен).

Ненумерованные кадры используются для синхронизации. Поле управления определяет одну из нескольких ненумерованных операций. Возможны две ненумерованные команды (SNRM и DISC) и два ненумерованных ответа (UA и FRMR). Команда отказа от кадра (FRMR) передается задатчику исполнителем, который обнаружил неправильное поле управления в кадре с правильными остальными полями. Эта команда используется для ответа на любой ненумерованный кадр в режиме РНО, любой супервизорный или информационный кадр в режиме РНР, любое недопустимое управляющее поле или же в случае невозможности ошибки счета последовательности. При приеме этой команды задатчик инициирует повторную синхронизацию исполнителя.

Ответ ненумерованным подтверждением (UA) используется исполнителем для подтверждения приема правильной ненумерованной команды в режиме РНР.

Команда разъединения (DISC) посылается задатчиком исполнителю для инициирования повторной синхронизации. По этой команде исполнитель переходит или остается в РНР. Команда используется задатчиком в тех случаях, когда он обнаруживает необходимость повторной синхронизации.

Команда установки режима нормального ответа (SNRM) посылается задатчиком для синхронизации исполнителя. Если исполнитель находится в РНР, то по этой команде он переходит в РНО, после чего может обмениваться сообщениями с задатчиком. Если исполнитель уже находится в РНО, то эта команда считается неправильной.

Супервизорные кадры используются в магистрали для передачи статуса. Эти кадры задатчик использует для опроса, а исполнитель —

для подтверждения приема правильного кадра от задатчика. На магистральной выполняются две супервизорные операции: приемник готов (RR) и приемник не готов (RNR). Задатчик использует супервизорный кадр RR для опроса исполнителя о наличии информационного кадра. Исполнитель использует супервизорный кадр RR для подтверждения правильного приема предыдущего супервизорного или информационного кадра, если сообщение не готово. В случае готовности сообщения посылается информационный кадр при условии, что принятый кадр не был супервизорным типа RNR.

Супервизорный кадр используется для сообщения о том, что буфер в данный момент не готов к приему переданного кадра, правильность которого проверена. Задатчик использует этот кадр для опроса исполнителя только о статусе канала данных, исполнитель — для сообщения о том, что последний кадр воспринят, однако для его запоминания в буфере нет места. В этом случае задатчик должен повторять кадр.

При работе канала данных фиксируется ошибка тайм-аута, неграфикового управляющего поля и счета последовательности. Ошибка тайм-аута возникает тогда, когда задатчик не получает ответа на переданный кадр в течение 10 мс. Восстановительное действие, предпринимаемое исполнителем, заключается в повторной передаче кадра. Если обнаруживаются две ошибки подряд, то пользователю сообщается о невосстановимой ошибке протокола.

Неправильное управляющее поле, обнаруженное устройством, считается невосстановимой ошибкой протокола. Ошибка счета последовательностей могут считаться как восстанавливаемыми, так и невосстановимыми ошибками протокола. При обнаружении невосстановимой ошибки исполнитель переходит в режим RNR и посылает в ответ кадр FRMR. Обнаружение ошибки задатчиком указывает ему, что исполнитель находится в RNR и требуется повторная синхронизация.

Протокол обмена сообщениями основан на структуре команда — ответ в условиях многозадачной работы. Каждая команда требует соответствующего ответа; ответы, однако, могут не передаваться в том же порядке, что и команды. Для выдачи правильного ответа задатчику нужно лишь опросить исполнитель, которому была передана одна или несколько команд. Такой алгоритм исключает ненужные вопросы и повышает производительность системы.

Протокол канала данных предусматривает использование 3-битовых величин счета последовательностей. Это ограничивает число передаваемых сообщений в любой из исполнителей до семи.

Протокол обмена сообщениями обеспечивает достаточное управление для маршрутизации команд и ответов. Такая возможность допускает использование локальных сообщений внутри узла с общим плюсом. Кроме того, многоуровневые иерархические структуры легко реализуются при использовании одного и того же программного обеспечения в задатчиках.

В протоколе обмена сообщениями предусматривается несколько источников ошибок. Примером может служить невосстановление ошибки протокола или отсутствие задач. Во всех случаях протокол обмена сообщениями обнаруживает ошибки и одинаковым образом обрабатывает их. Если ошибка возникает при доставке команды, команда немедленно возвращается пославшей ее задаче. Ответ при этом будет идентичным команде, за исключением кода ошибки в поле ответа. Если ошибка обнаружена в ответе, то он просто отбрасывается (необходимо отметить, что это бывает очень редко, за исключением случаев катастрофических ошибок, поскольку ответ повторяет

путь команды). В любом случае вероятность невозврата ответа очень мала. Задача, передавшая команду, должна учитывать это путем задания времени тайм-аута для восстановления ошибки. Необходимо отметить, что этот тайм-аут не связан с тайм-аутом в звене данных. Здесь величина тайм-аута определяется пользователем.

Сообщение имеет следующий *стандартный формат*: ДС, ТС, РИ, НП, АУ, ЗИ, ЗП, К/О, Д. Эта структура сообщения передается по магистральной в информационном поле информационных кадров. Все поля, за исключением поля данных, необходимы во всех сообщениях.

Поле длины сообщения (ДС) определяет его полную длину: 8-битовое поле может иметь значение от 7 до 255, равное числу байтов в поле данных плюс 7. Это значение позволяет внести в реализацию протокола два байта для манипуляции над локальными сообщениями, например для управления буфером или очередью. Во всех реализациях должна обеспечиваться обработка поля данных минимум из 13 байт, что соответствует 20 байтам в поле длины.

Поле типа сообщения (ТС) используется для определения сообщения как команды или как ответа. Задатчик всегда посылает команды, устанавливая этот бит в нуль. Исполнитель всегда посылает ответы, устанавливая его в единицу.

Поле расширения источника (РИ) указывает, является ли источником команды или приемником ответа задатчик или его расширитель. Бит равен единице при указании на расширитель или нулю при указании на задатчик. Этот бит остается неизменным в команде и ответе на нее. Поле расширения приемника (РП) указывает, является ли приемником команды или источником ответа задатчик или его расширитель.

Поле направления (НП) используется для управления сообщениями, что может потребоваться в некоторых реализациях. Этот бит должен гаситься при передаче сообщения и устанавливаться в 1 при приеме сообщения из магистральной.

Четыре бита резерва зарезервированы для возможных в будущем дополнений. Они должны гаситься при передаче сообщения, а при приеме сообщения их значения не гарантируются.

Поле адреса узла (АУ) определяет узел-приемник для команд и узел-источник для ответов. Это 8-битовое поле имеет то же значение, что адресное поле в формате кадра канала данных.

Поле задачи источника (ЗИ) идентифицирует задачу, которая либо передала команду, либо должна принять ответ. Это 4-битовое поле допускает передачу команд от 16 задач.

Поле задачи-источника (ЗП) идентифицирует задачу, которая либо должна принять команду, либо передала ответ. Это 4-битовое поле допускает прием команд 16 задачам.

Поле команды ответа (К/О) в обычных условиях используется только прикладными задачами. Протокол обмена сообщениями использует это поле только для сообщения об ошибках.

Поле данных (Д) определяется содержимым командного поля. Минимум обеспечения протокола должен предусматривать обработку до 13 байт в этом поле. В конкретных реализациях оно может иметь длину до 248 байт, чтобы более длинные сообщения не посылались тем узлам, которые не могут их обработать. Это поле является единственным, которое может в сообщении отсутствовать.

9.7.3. Физическая реализация

В магистралах Bitbus используются два типа соединителей: один — для соединения печатной платы с кабелями, второй — для соединения кабеля с кабелем. Четыре контакта используются для двух дифференциальных сигнальных пар, четыре — для питания маломощных узлов и один — для высокоимпедансной земли (100 Ом на землю) в соответствии с требованиями стандарта RS-485.

Соединитель для подключения к печатной плате — 10-контактный замковый (штырь/гнездо) с ограниченным усилием. В него можно монтировать плоский кабель и отдельные провода. Соединитель кабель — кабель — 9-контактный типа D. Плата ввода-вывода имеет размеры 100×220 мм. Стандартный передатчик магистрали удовлетворяет требованиям генератора RS-485, обеспечивает 32 единичные нагрузки; величина согласующего сопротивления 60 Ом (120 Ом на каждом конце кабеля).

Кабели магистрали согласованы на обоих концах. Согласующие резисторы размещены на окончаниях кабеля. Сопротивление каждого согласующего резистора 120 Ом или больше и соответствует характеристическому импедансу кабеля. Пара управления приемопередатчиком также имеет резисторы смещения в узле с приемником ($470\text{ Ом} \pm \pm 5\%$). Один из них подключен к $+5\text{ В} \pm 5\%$, а другой — к земле. Приемник может подключаться в любом месте кабельного сегмента. Магистраль Bitbus может работать в одном из двух режимов: синхронном или с самосинхронизацией.

Режим синхронной работы используется при сравнительно коротком расстоянии. Он допускает включение до 28 узлов на расстоянии 30 м при скорости передачи от 500 кбит/с до 2,5 Мбит/с. В синхронном режиме используются две дифференциальные сигнальные пары: для данных и для синхронизации данных. Данные изменяются по срезу сигнала в паре синхронизации и проверяются по его фронту. Неточный синхросигнал данных всегда находится в передающем узле.

Режим работы с самосинхронизацией используется при более длинном расстоянии. Для этого режима имеются две стандартные скорости передачи: 375 и 62,5 кбит/с. Магистраль может иметь сегменты длиной до 300 м при скорости 375 кбит/с и до 1200 м при скорости 62,5 кбит/с. В каждом сегменте может быть не более 28 узлов. При объединении сегментов с помощью повторителей в этом режиме допускается иметь до 250 узлов на расстоянии несколько тысяч метров.

В режиме с самосинхронизацией используются две дифференциальные сигнальные пары: для данных и для управления приемопередатчиком повторителя. Данные передаются в коде без возврата к нулю с инверсией. Этот способ кодирования объединяет синхросигнал и данные в один сигнал. Если повторители не используются, то сигнальная пара управления приемопередатчиком может отсутствовать.

Сигналы в линиях имеют фронт и срез от 25 до 100 нс. В синхронном режиме период синхроимпульсов — 417 нс...2 мкс. Минимальная длительность импульса и паузы — 200 нс. Данные должны устанавливаться минимально за 80 нс до фронта синхроимпульса и удерживаться не менее 120 нс. Изменение данных относительно среза синхроимпульса — не более 120 нс. В режиме с самосинхронизацией стабильность синхроимпульсов в приемнике и передатчике равна $\pm 1\%$ для обеих стандартных скоростей передачи (375 и 62,5 кбит/с).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИНТЕРФЕЙСОВ СОД

Таблица П1.1. Системные интерфейсы мини- и микроЭВМ

Характеристика	ОШ СМ ЭВМ	ИУГ	МПИ, МПИ СЭМ	СМ Э-85	СМ ЕС ПЭВМ
----------------	--------------	-----	--------------------	---------	---------------

Информационный канал

Совмещение шин	А+Д	А/Д	А/Д	А/Д	А+Д
Разрядность шин адреса (ст./доп.)	18/22	16	18/22	22	20/24
Разрядность шин данных	16	16	16	16	16
Разрядность шин контроля	2	2	2	—	—

Управляющий канал

Арбитраж	Ц-ПЦ	Ц-ПЦ	Ц-ПЦ	Ц-Р+ПЦ	Ц-ПЦ
Число уровней пре- рывания (ст./доп.)	5	8	2/5	6+6	6+4
Принцип обмена	АС	АС	С+АС	С+АС	С
Минимальное вре- мя цикла, мкс	1,2	0,8	0,6	1,2	1,2

Физическая реализация

Длина магистра- ли, м	15	0,5	3	0,4	0,4
Число подключен- ных устройств	20	10	8	7	7
Общее число ли- ний (ст./доп.)	56/60	37	34/46	49	63

Примечание. Ст. — стандартная(ое); доп. — допускаемая(ое); Ц-ПЦ — централизованный с приоритетной линией; Ц-Р — централизованный с радиальными линиями; АС — асинхронный; С — синхронный; СМ — системная магистраль.

Т а б л и ц а П1.2. Радиальные интерфейсы ПУ общего назначения

Характеристика	ИРПР	ИРПР-М	ИРПС	С2 (НМ)	RS-449
Общее число линий	40	25	4 (6)	24 (5)	37
Разрядность данных	8, 16	8	1/1	1/1	1/1
Максимальная скорость, кГц	500	500	9,6	48	2000
Максимальная длина, м	15	1,8	500	15	—
Принцип обмена	А	А	КС	А, С	С, А
Уровень сигналов	ТТЛ	ТТЛ	$\pm 12 В$, 20 мА	$\pm 0,3 В$	$\pm 0,3 В$

Примечание. А — асинхронный; С — синхронный; КС — квазисинхронный; НМ — нуль-модем.

Т а б л и ц а П1.3. Интерфейсы НМД и НМЛ

Характеристика	Интерфейсы НМД				
	СМД	СКМД	ИФМД	ИМД-М	ИГМД

Линии магистралей

Линии выборки	1	1	1	1	3
Адресные	4	9+5	8	3	—
Управление	3	5	2	3	7
Состояние	12	12	11	7	7
Данные (Зп/Чт)	1/1	1/1	1/1	2/2	1/1
Синхронизация (Зп/Чт)	1/1	—	1	—	—

Физическая реализация

Число устройств	16	4	1	4	4
Способ подключения	М/П	П	Р	П/Р	П/Р
Длина магистрали, м	30/15	9/15	9	6	5
Общее число линий	37	45	26	21	22

Примечание. Зп — запись; Чт — чтение; М — магистральный; П — последовательный; Р — радиальный; Н — несколько.

Характеристика	Интерфейсы НМТ			
	ГНМЛ	ИНМЛ-П	ИНМЛ-К	ИКМЛ
<i>Линии магистрали</i>				
Линии выборки	1	1	1	1
Адресные	—	3	4	—
Управление	8	13	7	7
Состояние	12	14	6	7
Данные (Зп/Чт)	9/9	9/9	2/1	2/2
Синхронизация (Зп/Чт)	1	1/1	—	—
<i>Физическая реализация</i>				
Число устройств	4	8	1	1/Н
Способ подключения	Р	М	Р	П
Длина магистрали, м	6	6	1	1
Общее число линий	43	51	21	19+Н

Т а б л и ц а П1.4. Магистральные интерфейсы ввода-вывода

Характеристика	SCS	Р	LBIS
Число функциональных линий (ст./доп.)	25	24	41/57
Максимальная скорость передачи в асинхронном/поточковом режиме, МГц	2/4	2/5	1/3
Максимальная длина в асинхронном/поточковом режиме, м	6/25	5/125	65/122
Разрядность данных, бит	8	8, 16	8, 16
Число подключаемых устройств	8	8	10
Способ подключения	М-ПЦ	Р	М-ПЦ
Передача сигналов	RS-485	RS-485	—
Наличие интерфейсных БИС	Да	Да	—
Расширение шин данных	Нет	Да	Да
Ускоренная передача данных	Нет	Нет	Да
Потоковая передача данных	Да	Да	Да
Повторение команды	Да	Да	Да
Сигнализация об ошибках	Да	Да	Да
Динамическое подключение устройств	Нет	Нет	Да
Уровень модели ВРС	2	3	2

Примечание. Ст. — стандартное; доп. — допустимое; М — магистральный; ПЦ — приоритетная цепь; Р — радиальный.

Т а б л и ц а П1.5. Программируемые приборные интерфейсы

Характеристика	Интерфейсы типа IEC 625-1		Интерфейсы системы КАМАК			
	НР-1В	НР-1Л	МК	МВ	ПМ	МДКК
Число функциональных линий, магистральных/радиальных	16+8	2	64/48	50/7	2	32
Разрядность адреса, бит	6	5	9 (12)	9 (12)	9 (15)	5
Разрядность данных, бит	8	8	24	24	24	24
Скорость передачи, МГц	1	0,125	1	0,6	1/5	1
Максимальная длина, м	20	100	0,5	30	5000	0,5
Число подключаемых устройств	15	20	23	7	62	23
Принцип обмена	A	КС	С	A	С	С
Уровень сигналов	ТТЛ	КМОП	ТТЛ	ТТЛ	±0,3 В	ТТЛ
Наличие БИС	+	+	—	—	—	—
Уровень модели ВОС	3	3	4	4	4	2

П р и м е ч а н и е. А — асинхронный; С — синхронный; КС — квазисинхронный.

Таблица П16 Интерфейсы ММС

Характеристика	Multibus		VME	VAXBI	Futurebus	Fastbus
	MB I	MB II				
Особенности структуры						
Протокол магистрали	АП	СП, 10 МГц	АП	СП, 5 МГц	АП	АП, СП, 20 МГц
Мультиплексирование шин	Нет	Да	Нет	Да	Да	Да
Разрядность данных	8, 16	8, 16, 24, 32	8, 16, 24, 32	16, 32	8, 16, 24, 32	32
Максимальная скорость передач, Мбайт/с	10	40	20...57	13,3	117,6	160
Адресация						
Первичная/вторичная	2 ²⁴	2 ³²	2 ²⁴ /2 ³²	2 ³⁰	2 ³²	2 ³²
Область ВВ	2 ¹⁶	2 ¹⁶	2 ¹⁴	2 ²⁴	РУС	РУС
Широковещательная запись	Нет	ОС	Нет	Нет	Да	Нет

Мультипроцессорные возможности

Виртуальные прерывания	Нет	Да	НО	НО	Да
Арбитраж (число уровней)	Ц (8)	ДЦ (32)	ПЦ (4)	ДЦ (16)	ДЦ (64)
Передача сообщений	Нет	Да	Нет	Нет	Нет
Поддержка кэш-памяти	Нет	ОВ	ОВ	Да	ОВ

Диагностические системные возможности

Географическая адресация (разрядность)	Нет	Да (5)	Нет	Да	Да (6)
Автоконфигурация	Нет	ПП	Нет	Нет	Да
Четность адреса/данных	Нет	Да	Нет	Да	Да
Четность линий управления	Нет	Да	Нет	Да	Нет
Четность линий арбитража	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
Повтор передач после сбоя	Нет	Да	Нет	Нет	Да

Примечание. АП — асинхронный протокол; СП — синхронный протокол; ОС — только для области сообщений; Ц — центризованный; ПЦ — приоритетная цепь; ДЦ — децентрализованный; НО — не определено; ОВ — ограниченные возможности; ПП — при первоначальном пуске.

Таблица П1.7. Интерфейсы рассредоточенных систем управления

Характеристика	ИРМ	ЦЛПС 1/2	Bitbus	МАР	MIL-1553B
Уровни модели ВОС	1...2	1...2	1...2	1...6/7	1...2
Класс обслуживания	—	—	—	802.4	—
Метод доступа	ПП	ПП	ПП	ПМ	—
Передающая среда	К	К, ВП	ВП, К	К, ВП	ВП, К
Максимальное число станций	60	63	32	—	3
Максимальная скорость передачи, МГц	0,5	4	2,4	5, 10	1
Максимальная длина сегмента, км	3	3	0,3	—	0,1
Формат сообщений	П, Ф	П, Ф	П	П	Ф
Информационное поле, байт	256	256-1К/2	256	—	2
Способ контроля (бит)	ЦК (16)	ЦК (16/8)	ЦК	ЦК	КЧ
Способ кодирования передачи	ДФ-Ф	ДФ-Ф	БВН-1	М-П	М-П

Примечание. ПП — передача права; ПМ — передача маркера; К — кабель; ВП — витая пара; Ф — фиксированный; П — переменный; ЦК — циклический контроль; КЧ — контроль по четности; М-П — манчестерский П; ДФ-Ф — дифференциальный фазо-разностный.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ДОКУМЕНТЫ

П2.1. НТД общего назначения

Стандарты МОС (ISO)

МС 1155. Использование продольной четности для обнаружения ошибок в информационных сообщениях.

МС 1177. Структура знака для старт-стопной и синхронной позначной передачи данных.

МС 1745. Процедуры управления в основном режиме для систем передачи данных.

МС 2110. 25-контактный соединитель стыка ООД—АКД и распределение номеров контактов.

МС 2111. Процедуры управления в основном режиме. Кодонезависимая передача информации.

МС 2382. Обработка информации. Словарь терминов. Часть 09. Передача данных, Часть 18. Распределенная обработка данных (МС). Часть 25. Локальные вычислительные сети (ПМС). Часть 26. Архитектура открытых систем (ПМС).

МС 2593. 34-контактный соединитель стыка ООД—АКД и распределение контактов.

МС 2628. Процедуры управления в основном режиме. Дополнения.

МС 2629. Процедуры управления в основном режиме. Диалоговая передача информационных сообщений.

МС 3309. Процедуры управления звеном данных верхнего уровня HDLC. Структура кадра.

МС 4335. Процедуры HDLC. Объединение элементов процедур.

МС 4902. 37-контактный соединитель стыка ООД—АКД и распределение номеров контактов.

МОС/ТО 7477. Организация физического соединения ООД—ООД с использованием цепей стыка V.24 и X.24.

МС 7478. Многозвенные процедуры.

МС 7480. Качество сигналов на стыке ООД—АКД при старт-стопной передаче данных.

МС 7498. Взаимосвязь открытых систем (ВОС). Базовая эталонная модель.

МС 7776. Процедуры HDLC. Описание процедур звена данных для ООД, совместимых с X.25 LAPB.

МС 7809. Процедуры HDLC. Объединение классов процедур.

МС 8072. Определение услуг транспортного уровня.

МС 8073. Спецификация протокола транспортного уровня, ориентированного на соединение.

МС 8208. Протокол уровня пакетов X.25 для ООД.

МС 8211. Спецификация описательного файла данных для обмена информацией.

МС 8280. Стык ООД—АКД для работы терминальных устройств в режиме коммутации пакетов по сетям данных общего пользования.

МС 8326. Определение базовых услуг сеансового уровня, ориентированных на соединения.

МС 8327. Спецификация базового протокола сеансового уровня, ориентированного на соединения.

МС 8348. Определение услуг сетевого уровня.

МС 8471. Сбалансированные классы процедур HDLC. Соглашения по адресации на уровне звена данных при коммутируемых соединениях.

ПМС 8472. Протокол сетевого уровня, сходящийся к X.25.

ПМС 8473. Протокол для обеспечения услуг сетевого уровня в режиме без установления соединения.

МС 8480. Операции управления резервированием на стыке ООД—АКД с использованием 25-контактного соединителя.

МС 8481. Физическое соединение ООД—ООД с использованием цепей стыка X.24 при синхронизации со стороны ООД.

ПМС 8482. Многопунктовые соединения на витых парах.

ПМС 8505. Системы обмена текстами, ориентированные на передачу сообщений. Функциональное описание и спецификация услуг.

МС/ТО 8509. Соглашения по услугам ВОС.

ПМС 8571. Передача файлов, доступ к файлам, управление системами файлов.

ПМС 8602. Протокол для обеспечения услуг транспортного уровня в режиме без установления соединения.

ПМС 8632. Машинная графика. Метафайл для передачи и хранения информации описания изображений.

ПМС 8648. Внутренняя организация сетевого уровня.

ПМС 8649. Определение услуг для сервисного элемента управления ассоциацией.

ПМС 8650. Спецификация протокола для сервисного элемента управления ассоциацией.

ПМС 8651. Машинная графика. Связь с языками программирования ядра графических систем. Фортран, Паскаль, Ада.

ПМС 8805. Ядро графических систем для трехмерного варианта (3D). Функциональное описание.

ПМС 8807. LOTOS — метод формализованного описания, основанный на упорядочении во времени вешших событий процесса

ПМС 8822. Определение услуг уровня представления, ориентированных на соединения

ПМС 8823. Спецификация протокола уровня представления, ориентированного на соединения.

ПМС 8824. Спецификация языка нотаций абстрактного синтаксиса ASN.1.

ПМС 8825. Основные правила кодирования для языка нотаций абстрактного синтаксиса ASN.1.

ПМС 8832. Передача и обработка заданий. Спецификация протокола базового класса.

ПМС 8867. Системы управления, реализующие асинхронную полудуплексную передачу. Электрические и механические характеристики интерфейса и протокол линейного управления.

МС 8877. Соединитель стыка базового доступа с ISDN в эталонных точках S и T и распределение контактов соединителя.

МС 8878. Использование X.25 для обеспечения услуг сетевого уровня в режиме с установлением соединения.

ПМС 8880. Протокольные комбинации для обеспечения и поддержки сетевого уровня ВОС.

ПМС 8882. Аттестационное тестирование ООД—X.25.

ПМС 8883. Системы обмена текстами, ориентированные на передачу сообщений. Подуровень передачи сообщений. Услуги и протокол передачи сообщений.

МС 8885. Процедуры HDLC. Содержимое и формат поля информации кадра ИДС(XID) общего назначения.

ПМС 8886. Определение услуг уровня звена данных для ВОС.

МС 8907. Язык описания сетевой базы данных.

ПМС 9040. Определение услуг виртуальных терминалов базового класса.

ПМС 9041. Спецификация протокола виртуальных терминалов базового класса.

ПМС 9066. Системы обмена текстами, ориентированные на передачу сообщений. Услуги надежной передачи.

МС 9067. Процедуры автоматической локализации неисправностей с использованием проверочных шлейфов.

ПМС 9068. Обеспечение услуг сетевого уровня в режиме без установления соединения с использованием МС 8208.

ПМС 9072. Системы обмена текстами, ориентированные на передачу сообщений. Услуги удаленных операций.

ПМС 9074. ESTELLE — метод формализованного описания, основанный на расширенной модели переходов состояний.

ПМС 9075. Язык описания реляционной базы данных SDL.

ПМС 9234. Электрические и механические характеристики стыка и протокол управления последовательного звена данных между управляющими системами, реализующими асинхронную дуплексную и полудуплексную передачи.

ПМС 9542. Протокол маршрутизации сообщений от оконечной системы к промежуточной системе для использования в сочетании с МС 8473.

ПМС 9543. Качество сигналов на стыках ООД—АКД при синхронной передаче данных.

ПМС 9545. Структура прикладного уровня.

ПМС 9549. Гальваническая изоляция сбалансированных цепей стыка.

ПМС 9574. Обеспечение услуг сетевого уровня ВОС в режиме с установлением соединения в ООД пакетного режима, подключенного к ISDN.

ПМС 9576. Спецификация протокола уровня представления в режиме без установления соединения.

ПМС 9592. Машинная графика. Иерархическая интерактивная система программирования PHIGS.

ПМС 9594. Услуги справочника. Определение услуг и спецификация протокола.

ПМС 9595. Определение услуг административного управления.

ПМС 9596. Спецификация протокола административного управления.

ПМС 9636. Машинная графика. Методы связи для диалога с графическим устройством.

ПМС 9646. Основы и методология аттестационного тестирования.

ПМС 9577. Идентификация протоколов сетевого уровня ВОС.

ПМС 9579. Услуги и протоколы доступа к удаленной базе данных.

ПМС 9804. Определение прикладных сервисных элементов. Разделение, совмещение и восстановление.

ПМС 9805. Спецификация протоколов для прикладных сервисных элементов. Разделение, совмещение и восстановление.

ПМС 9834. Спецификация процедуры регистрационной службы ВОС.

ПМС 9955. Методология и направление развития прикладных протоколов для обмена банковской информацией.

Стандарты ЕСМА

ЕСМА-16. Процедуры управления в основном режиме для систем передачи данных с использованием 7-битового кода.

ЕСМА-24. Кодонезависимая передача информации. Расширение ЕСМА-16.

ЕСМА-26. Процедуры восстановления. Расширение ЕСМА-16.

ЕСМА-27. Процедуры прерывания передачи данных. Расширение ЕСМА-16.

ЕСМА-28. Процедуры выборки станций в многостанционном режиме. Расширение ЕСМА-16.

ЕСМА-29. Диалоговая передача информации. Расширение ЕСМА-16.

ЕСМА-37. Дополнительные функции управления передачей данных. Расширение ЕСМА-16.

ЕСМА-40. Процедуры управления звеном данных верхнего уровня HDLC. Структура кадра.

ЕСМА-49. Элементы процедур HDLC.

ЕСМА-60. Несбалансированный класс процедур HDLC.

ЕСМА-61. Сбалансированный класс процедур HDLC.

ЕСМА-71. Предпочтительные процедуры HDLC.

ЕСМА-72. Протокол транспортного уровня.

ЕСМА-75. Протокол сеансового уровня.

ЕСМА-83. Требования к сохранности информации на интерфейсе ООД—АКД в СДОП.

ЕСМА-84. Протокол представления данных.

ЕСМА-85. Протокол виртуального файла.

ЕСМА-86. Обобщенное представление данных. Описание услуг в определении протокола.

ЕСМА-87. Обобщенный виртуальный терминал. Описание услуг в определении протокола.

ЕСМА-88. Виртуальный терминал базового класса. Описание услуг и определение протокола.

ЕСМА-92. Межсетевой протокол в режиме без установления соединения.

ЕСМА-93. Система обмена сообщениями в распределенной среде

ЕСМА-96. Синтаксис графических данных для интерфейса с группой рабочих станций GDS.

ЕСМА-101. Архитектура учреждений документов.

ЕСМА-102. Адаптация скоростей для поддержки синхронного и асинхронного оборудования, использующего стыки серии V на сетях коммутации каналов частного пользования (ККЧП).

ЕСМА-103. Физический уровень на стыке базового доступа между ООД и сетями ККЧП.

ЕСМА-104. Физический уровень на стыке между ООД и сетями ККЧП для первичной скорости.

ЕСМА-105. Протокол уровня звена данных для D-канала S-интерфейсов между ООД и сетями ККЧП.

ЕСМА-106. Протокол уровня 3 для передачи сигналов по D-каналу S-интерфейсов между ООД и сетями ККЧП

ЕСМА-112. Подсеть X.25 (редакция 1980). Протокол, зависящий от особенностей подсети.

Рекомендации МККТТ

V.24. Перечень определенных цепей стыка между ООД и АКД.

X.21. Стык между ООД и АКД для синхронной передачи по СДОП.

X.25. Стык между ООД и АКД для оконечных установок, работающих в режиме передачи пакетов и соединенных с СДОП выделенными линиями.

X.75. Процедуры управления оконечными и транзитными вызовами по международным каналам между сетями данных с коммутацией пакетов.

X.200. Базовая эталонная модель ВОС для применений МККТТ.

X.210. Соглашения по определению услуг уровней ВОС для применений МККТТ.

X.211. Определение услуг физического уровня ВОС для применений МККТТ.

X.213. Определение услуг сетевого уровня ВОС для применений МККТТ.

X.214. Определение услуг транспортного уровня для применений МККТТ.

X.215. Определение услуг сеансового уровня ВОС для применений МККТТ.

X.224. Спецификация протокола транспортного уровня ВОС для применений МККТТ.

X.225. Спецификация протокола сеансового уровня ВОС для применений МККТТ.

X.250. Методы формализованного описания для протоколов служб передачи данных.

X.400. Системы обработки сообщений (СОС). Модель системы. Элементы услуг.

X.401. СОС. Услуги базовых служб и факультативные услуги для пользователей.

X.408. СОС. Правила преобразования типов кодируемой информации.

X.409. СОС. Синтаксис и система обозначений передаваемых данных на уровне представления.

X.410. СОС. Дистанционная работа и поставщик надежной передачи.

X.411. СОС. Уровень передачи сообщений.

X.420. Уровень представления данных пользователя для передачи межперсональных сообщений.

X.430. СОС. Протокол доступа для телексных оконечных установок.

Государственные и отраслевые стандарты СССР

ГОСТ 15971—74. Машины вычислительные и системы обработки данных. Термины и определения.

ГОСТ 19781—83. Машины вычислительные и системы обработки данных. Программное обеспечение систем обработки данных. Термины и определения.

ГОСТ 20836—75. Автоматическая обработка данных. Организация данных. Термины и определения.

ГОСТ 24402—88. Системы обработки информации. Телеобработка данных и вычислительные сети. Термины и определения.

ГОСТ 26016—81. ЕССП. Признаки классификации и общие требования.

ОСТ 11305.902—80. Микропроцессорные средства вычислительной техники. Термины и определения.

ОСТ 25953. Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники. Интерфейсы. Построение и содержание нормативно-технических документов.

ОСТ 25954—81. Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники. Термины и определения.

ОСТ 25955—81. Приборы, средства автоматизации и вычислительной техники. Система интерфейсов. Структура и классификация.

Нормативные материалы МПК по ВТ

НМ МПК по ВТ 17—78. Система малых электронных вычислительных машин. Технические средства. Терминология.

НМ МПК по ВТ 79—85. Машины вычислительные и системы обработки данных. Телеобработка данных и вычислительные сети. Термины и определения.

П2.2. НТД по интерфейсам мини- и микроЭВМ

ГОСТ 26765.51—86. Интерфейс магистральный параллельный МПИ системы электронных модулей. Общие требования и совокупности правил обмена информацией.

ОСТ 25721—76 (НМ МПК по ВТ 30—80). Интерфейс 2К. Структура и состав. Параметры, схемы и конструкции электрических связей.

ОСТ 25795—78 (НМ МПК по ВТ 34—80). СМ ЭВМ. Интерфейс «Общая шина».

ОСТ 25904—80. СМ ЭВМ и АСВТ-М. Интерфейс ИУС. Структура и состав. Логические и электрические условия. Конструктивная реализация.

П2.3. НТД по интерфейсам периферийного оборудования

НМ МПК по ВТ 84—85. СМ ЭВМ. Интерфейс накопителей на магнитных дисках СМД.

ММ МПК по ВТ 007—76. СМ ЭВМ. Накопитель на магнитных дисках кассетного типа. Интерфейс. Структура и состав. Требования к функциональным характеристикам.

ММ МПК по ВТ 011—77. СМ ЭВМ. Накопитель на несменном магнитном диске с фиксированными головками. Интерфейс. Технические требования.

НМ МПК по ВТ (проект 18—86). Системы обработки информации. Интерфейс малогабаритных накопителей на несменном магнитном диске с подвижными головками ИМД-М. Технические требования.

НМ МПК по ВТ (проект 17—86). Системы обработки информации. Интерфейс накопителей на гибких магнитных дисках диаметром 130 и 200 мм ИГМД. Технические требования.

НМ МПК по ВТ 19—78. СМ ЭВМ. Накопители на магнитной ленте малогабаритные. Интерфейс. Структура и состав. Требования к функциональным характеристикам.

НМ МПК по ВТ (проект 14—86). Системы обработки информа-

ции. Интерфейс для малогабаритных ИМЛ потоковых ИМЛ-П. Технические требования.

ИМ МПК по ВТ (проект 15—86). Системы обработки информации. Интерфейс для потоковых накопителей на магнитных лентах в кассете типа «Картридж» ИМЛ-К. Технические требования.

ИМ МПК по ВТ (проект 16—86). Системы обработки информации. Интерфейс накопителей на магнитной ленте в кассете ИМЛ-М. Технические требования.

ИМ МПК по ВТ 006—76. СМ ЭВМ. Накопитель на кассетной магнитной ленте. Интерфейс. Структура и состав. Требования к функциональным характеристикам.

ИМ МПК по ВТ 29—80 (ОСТ 25778—77). СМ ЭВМ. Интерфейс для радиального подключения устройств с параллельной передачей информации ИРПР.

ИМ МПК по ВТ (проект 8—86). Системы обработки информации. Интерфейс для радиального подключения печатающих устройств с параллельной передачей информации ИРПР-М. Технические требования.

ИМ МПК по ВТ 10—78. СМ ЭВМ. Интерфейс для радиального подключения устройств с последовательной передачей информации.

ИМ МПК по ВТ 43—82. ЕС ЭВМ. Интерфейс ввода-вывода. Структура и состав. Требования к функциональным характеристикам.

ИМ МПК по ВТ 44—82. ЕС ЭВМ. Интерфейс ввода-вывода. Параметры, схемы и конструкции электрических связей.

П2.4. НТД по стыкам систем передачи данных

Государственные стандарты СССР

ГОСТ 18145—81. Цепи на стыке С2 АПД с ООД при последовательном вводе-выводе данных. Номенклатура и технические требования.

ГОСТ 22937—78. Цепи местных двухполюсных систем телеграфной связи и передачи данных. Типы и основные параметры.

ГОСТ 23475—79. Сигналы тонального телеграфирования с частотной модуляцией, поступающие в каналы тональной частоты. Основные параметры и методы измерений.

ГОСТ 23504—79. Сигналы факсимильного телеграфирования, поступающие в каналы тональной частоты. Энергетические параметры.

ГОСТ 23578—79. Стык С1-ТЧР системы передачи данных. Основные параметры сопряжения.

ГОСТ 23675—79. Электрические параметры стыка С2 АПД с ООД при последовательном вводе-выводе данных.

ГОСТ 24174—80. Устройство преобразования сигналов для первичных широкополосных каналов. Типы и основные параметры

ГОСТ 25007—81. Стык С1 системы передачи данных. Параметры сопряжения с абонентскими линиями.

ГОСТ 25202—82. Стык групповых устройств передачи данных. Основные параметры.

ГОСТ 26532—85. Устройство преобразования сигналов аппаратуры передачи данных для некоммутируемых каналов тональной частоты. Типы и основные параметры.

ГОСТ 26557—85. Сигналы передачи данных, поступающие в каналы электросвязи. Энергетические параметры.

ГОСТ 26556—85. Элементы процедур передачи информации и форматы пакетов в сетях передачи пакетов с коммутацией пакетов, ориентированных на виртуальные соединения.

Нормативные материалы МПК по ВТ

НМ МПК по ВТ 65—83. МВ и СОД. Телеобработка данных. Соединитель стыка С2. Перечень и распределение контактов.

НМ МПК по ВТ 105—87. СОИ. Сети ЭВМ. Правила взаимодействия с сетями передачи данных с коммутацией пакетов.

Рекомендации МККТТ

Серия V

V.2. Уровни мощности при передаче данных по телефонным каналам.

V.10. См. рекомендацию X.26.

V.11. См. рекомендацию X.27.

V.15. Применение акустического соединения для передачи данных.

V.19. Модемы для параллельной передачи данных, использующие частоты телефонной сигнализации.

V.20. Модемы с параллельной передачей данных, стандартизованные для универсального использования на коммутируемой телефонной сети общего пользования.

V.21. Дуплексный модем на 300 бит/с, стандартизованный для использования на коммутируемой телефонной сети общего пользования.

V.22. Дуплексный модем на 1200 бит/с, стандартизованный для использования на коммутируемой телефонной сети общего пользования и арендованных каналах.

V.23. Модем на 600/1200 бод, стандартизованный для использования на коммутируемой телефонной сети общего пользования.

V.24. Перечень определений цепей стыка между ООД и АКД.

V.25. Устройство автоматического вызова и/или ответа для коммутируемой телефонной сети общего пользования, а также нейтрализация эхографиков при ручном вызове/ответе.

V.26. Модем на 2400 бит/с, стандартизованный для использования на четырехпроводных арендованных каналах телефонного типа.

V.26бис. Модем на 2400/1200 бит/с, стандартизованный для использования на коммутируемой телефонной сети общего пользования.

V.27. Модем на 4800 бит/с с ручным корректором, стандартизованный для использования на арендованных каналах телефонного типа.

V.27бис. Модем на 4800/2400 бит/с с автоматическим корректором, стандартизованный для использования на арендованных каналах телефонного типа.

V.27тер. Модем на 4800/2400 бит/с, стандартизованный для использования на коммутируемой телефонной сети общего пользования.

V.28. Электрические характеристики несимметричных цепей стыка, работающих двухполюсным током.

V.29. Модем на 9600 бит/с, стандартизованный для использования на двухточечных четырехпроводных арендованных каналах телефонного типа.

V.31. Электрические характеристики цепей стыка, работающих однополюсным током и управляемых замыканием контактов.

V.31бис. Электрические характеристики цепей стыка, работающих однополюсным током и использующих оптоэлектронные элементы.

V.35. Передача данных со скоростью 48 кбит/с по первичным широкополосным каналам с полосой 60—108 кГц.

V.36. Модемы для синхронной передачи данных по первичным широкополосным каналам с полосой 60—108 кГц.

V.37. Синхронная передача данных со скоростями выше 72 кбит/с по первичным широкополосным каналам с полосой 60—108 кГц.

V.50. Предельные значения искажений передаваемых сигналов при передаче данных.

V.51. Организация технической эксплуатации международных каналов телефонного типа, используемых для передачи данных.

V.52. Характеристики измерителей краевых искажений и коэффициентов ошибок для передачи данных.

V.53. Предельные значения параметров для технической эксплуатации каналов телефонного типа, используемых для передачи данных.

V.54. Устройства шлейфовых испытаний для модемов.

Серия X

X.1. Международные классы обслуживания абонентов в СДОП и цифровых сетях с интеграцией служб ISDN.

X.3. Средство сборки/разборки пакетов в СДОП.

X.10. Категории доступа ООД к службам передачи данных общего пользования, обеспечиваемым СДОП и/или ISDN через оконечные адантеры.

X.20. Стык между ООД и АКД для служб старт-стоппной передачи по СДОП.

X.20бис. Использование ООД, ориентированного на сопряжения с асинхронными дуплексными модемами серии V в СДОП.

X.21. Стык между ООД и АКД для служб синхронной передачи по СДОП.

X.21бис. Использование ООД, ориентированного на сопряжение с синхронными модемами серии V в СДОП.

X.22. Мультиплексный стык ООД—АКД для классов обслуживания абонентов 3—6.

X.24. Перечень определений цепей стыка между ООД и АКД в СДОП.

X.25. Стык между ООД и АКД для оконечных установок, работающих в режиме передачи пакетов и соединенных с СДОП выделенными линиями.

X.26 (V.10). Электрические характеристики несимметричных двухполюсных цепей стыка в АПД на интегральных схемах.

X.27 (V.11). Электрические характеристики симметричных двухполюсных цепей стыка в АПД на интегральных схемах.

X.28. Стык ООД—АКД для старт-стоппного ООД, имеющего доступ к средствам сборки/разборки пакетов (СРП) в СДОП, размещенной на территории одной страны.

X.29. Процедуры обмена управляющей информацией и данными пользователя между средством СРП и пакетным ООД или другим СРП.

X.32. Стык между ООД и АКД для оконечных установок пакет-

ного типа, имеющих доступ к СДОП с коммутацией пакетов через коммутируемую телефонную сеть общего пользования или СДОП с коммутацией каналов.

X.75. Процедуры управления оконечными и транзитными вызовами по международным каналам между сетями данных с коммутацией пакетов.

X.150. Принципы эксплуатационных испытаний для СДОП с использованием проверочных шлейфов ООД и АКД.

X.213. Определение услуг сетевого уровня ВОС для применений МККТТ.

Серия I

I.430.ISDN. Основной стык «пользователь—сеть». Спецификация уровня 1.

П2.5. НТД по интерфейсам программируемых приборов

ГОСТ 26.003—80 (СТ СЭВ 2740—80). ЕССП. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией. Требования к совместности.

П2.6. НТД по интерфейсам системы КАМАК

ГОСТ 27080—86 (СТ СЭВ 4919—84). Система КАМАК. Крейт и сменные блоки. Требования к конструкции и интерфейсу.

ГОСТ 26.201.1—81. ЕССП. Система КАМАК. Требования к интерфейсу параллельной ветви.

ГОСТ 26.201.2—84. ЕССП. Система КАМАК. Требования к интерфейсу последовательной магистрали.

ГОСТ 27079—86 (СТ СЭВ 5393—85). Система КАМАК. Многоконтроллерный крейт. Требования к интерфейсу и дополнительным крейтконтроллерам.

Стандарт МЭК. Публикация 677. Передача блоков данных в системе КАМАК.

Стандарт МЭК. Публикация 678. Определения терминов КАМАК, используемых в публикациях МЭК.

Publish IEEE. CAMAC Instrumentation Interface Standards.

П2.7. НТД по интерфейсам магистрально-модульных мультипроцессорных систем

НМ МПК по ВТ 103—86. Машины вычислительные и системы обработки данных. Интерфейс И-41. Технические требования.

ПНМ МПК по ВТ. Машины вычислительные и системы обработки данных. Интерфейс И-42. Технические требования.

П2.8. НТД по интерфейсам и протоколам локальных вычислительных сетей

ПМС 2382.25. Обработка информации. Словарь терминов. Ч.25. Локальные вычислительные сети (ЛВС).

ПМС 8802.1. ЛВС. Ч. 1. Введение.

ПМС 8802.2. ЛВС. Ч. 2. Управление логическим звеном.

ПМС 8802.3. ЛВС. Ч. 3. Коллективный доступ с опознаванием несущей и обнаружением конфликтов КДОН/ОК (CSMA/CD).

ПМС 8802.4. ЛВС. Ч. 4. Маркерный метод доступа к шине и спецификация физического уровня.

ПМС 8802.5. Ч. 5. Маркерный метод доступа к кольцу и спецификация физического уровня.

ПМС 8802.7. ЛВС. Ч. 7. Тактированный метод доступа к кольцу и спецификация физического уровня.

ПМС 8881. Использование протокола пакетного уровня X.25 в локальных вычислительных сетях.

ПМС 9314.1. Волоконно-оптический интерфейс распределенных данных (ВИРД) FDDI. Протокол физического уровня.

ПМС 9314.2. ВИРД (FDDI). Управление доступом к среде в локальной вычислительной сети кольцевого типа.

ЕСМА-80. ЛВС. КДОН/ОК (CSMA/CD). Система коаксиального кабеля.

ЕСМА-81. ЛВС. КДОН/ОК (CSMA/CD). Физический уровень.

ЕСМА-82. ЛВС. КДОН/ОК (CSMA/CD). Уровень звена данных.

ЕСМА-89. Кольцевая конфигурация, маркерный метод доступа.

ЕСМА-90. Шинная конфигурация, маркерный метод доступа.

П2.9. НТД по интерфейсам рассредоточенных систем управления

ГОСТ 26139—84. Интерфейс для автоматизированных систем управления рассредоточенными объектами. Общие требования.

НМ МПК по ВТ 82—85. СМ ЭВМ. Интерфейс линейной связи с последовательной передачей информации ПЛПС. Технические требования.

IEC/TC 65C. Process Data Highway, type C (PROWAY C) for distributed process control systems.

General Motors. Manufacturing Automation Protocol. Version 2.1.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

ОСНОВНЫЕ ИНТЕРФЕЙСЫ ЗАРУБЕЖНЫХ СОД

П3.1. Системные интерфейсы ЭВМ и ВС

AMS-bus	Проект стандарта на магистраль, реализующую расширенную версию P796 на Евросоединителях; предложен фирмами ФРГ
BI-bus	Магистраль с совмещенными шинами адреса и данных для 16- или 32-разрядных ММПС фирмы DEC
Bus-1	Стандартизованная IEC магистраль, реализующая расширенную версию Multibus I на Евросоединителях
CTI	Внутренняя магистраль с совмещенными шинами адреса и данных системы 16-разрядных PC 325/350/380 фирмы DEC
DCE	Интерфейс с отдельными шинами адреса и данных систем фирмы Data Applications (Бразилия) на базе 8-разрядных МП
ECB	Интерфейс с отдельными шинами адреса и данных для систем CAMACARI фирмы Calson Technologia S/A на базе 8-разрядных МП
ESSS	Проект интерфейсной системы на основе Eurobus; разработан ESONE
Eurobus	Проект стандарта DP 6951 комитета ISO/TC/97/SC13 на магистраль с совмещенными шинами адреса, данных, прерываний для 8-, 16- и 32-разрядных систем в Евроконструкциях; разработан на основе стандарта DSWP 7232 (Великобритания)
Eurobus ESONE	Проект стандарта на основе Eurobus для 8- и 16-разрядных систем с конструктивной проработкой передних панелей; разработан ESONE
Exorbus	Магистраль фирмы Motorola для систем на базе МПК БИС серии MC 6800
FAMP	Системная 16-разрядная магистраль для сверхбыстродействующей цифровой обработки
Fastbus (ANSI/IEEE P960)	Стандарт на 32-разрядную интерфейсную систему с совмещенными шинами адреса и данных; разработан NIM, ESONE, IEC/TC45/DP/243
Futurebus (P896, DP7.2)	Проект стандарта на процессорно-независимую интерфейсную систему; разработан IEEE и рядом других организаций
G64	Магистраль с разделенными шинами адреса и данных на 8- и 16-разрядные системы фирмы GESPAC S. A., реализованная на одном Евросоединителе
G128	Магистраль с отдельными шинами адреса и данных на 16- и 32-разрядные системы фирмы GESPAC S. A., реализованная на двух Евросоединителях

IBM Channel Interface	Магистраль ввода-вывода 16-разрядных машин System 7 фирмы IBM
IBM PC I/O-bus	Магистраль ввода-вывода ПЭВМ системы IBM PC/XT/AT фирмы IBM
I/O channel Nova	Магистраль ввода-вывода 16-разрядных ЭВМ системы Nova фирмы DG
HP channel bus	Магистраль ввода-вывода 16-разрядных ЭВМ системы HP-21XX фирмы HP
Massbus	32-разрядная магистраль процессоров системы VAX 11/730/750/780 фирмы DEC
Maxibus	Магистраль ввода-вывода 16-разрядных ЭВМ типа Naked-Mini и Alpha-LSI фирмы CA
Megabus	Магистраль с разделенными шинами адреса, данных, разделенным циклом чтения для 16-разрядных систем фирмы Honeywell
Microbus	Общее название нескольких магистралей с разделенными шинами адреса и данных систем ряда фирм на базе 8-разрядных МП соответствующей архитектуры (8080, 6800, Z-80 и т. д.), а также ЭВМ типа Mitra 15, EC-1012 и т. д.
MPB	32-разрядная магистраль с мультиплексированными шинами адреса и данных процессоров системы HP 9000 фирмы HP
Mubus	Микропроцессорно-независимая магистраль систем на базе 8-разрядных МП типа 8080, 8085, 6800, TMS 9900, Z-80 и др.; разработана рядом университетов США
Multibus I (P796)	Интерфейсная система с разделенными шинами адреса и данных для 8- и 16-разрядных ММПС фирмы Intel
Multibus II (P1296, D1.0)	Интерфейсная система с мультиплексированными шинами адреса и данных 8-, 16- и 32-разрядных ММПС фирмы Intel
Nubus (IEEE P1196, D1.0)	Магистраль с мультиплексированными шинами адреса и данных 16- и 32-разрядных ММПС фирмы TI
Omnibus	Магистраль ввода-вывода с разделенными шинами адреса и данных 12-разрядных ЭВМ системы PDP-8 фирмы DEC
Q-bus	Магистраль с мультиплексируемыми шинами адреса и данных 16-разрядных ЭВМ систем LSI-11 и PDP-11 фирмы DEC
S100-bus (P696)	Магистраль с разделенными шинами адреса и данных для систем на базе 8-разрядных МП; предложена фирмой MITC
STD-bus (P961)	Магистраль с разделенными шинами адреса и данных 8-разрядных МПС; предложена фирмой Prolog для МПС на базе Z-80
STE-bus (P1000)	Совместимая с STD-bus магистраль для 16-разрядных ММПС фирмы Win Systems Inc

TMS-bus	Магистраль МПС на базе 8-разрядных МП типа 9900 фирмы TI
Unibus	Системная магистраль с отдельными шинами адреса и данных для 16-разрядных ЭВМ системы PDP-11 фирмы DEC
VME-bus	Интерфейсная система с отдельными шинами адреса и данных 16- и 32-разрядных ММПС на базе МП типа 680XX фирмы Motorola
Versabus (P970)	Магистраль с отдельными шинами адреса и данных 8-, 16- и 32-разрядных МПС на базе МП типа 6800, 68020 фирмы Motorola
Z-bus	Магистраль с отдельными шинами адреса и данных 8-, 16- и 32-разрядных МПС на базе МП типа Z-80, Z-800, Z-8000 фирмы Zilog

П3.2. Интерфейсы ПУ и средства автоматизации

Bitbus	Последовательный интерфейс фирмы Intel, основанный на RS-485 и протоколе HLDC
BHW (IEC 552)	Асинхронная параллельная магистраль ветви CAMAC; разработана ESONE в виде EUR 4600e
BS 4421	Асинхронный параллельный радиальный интерфейс с отдельными шинами источника и приемника локального подключения ПУ общего назначения
Centronics	Асинхронный 8-разрядный параллельный радиальный интерфейс ПЭВМ локального подключения ПУ вывода общего назначения (стандарт де-факто)
CL	20-миллиамперная токовая петля, использующая две двухпроводные линии и 11-битовый кадр для двухточечного подключения ПУ общего назначения
Dataway	Асинхронная параллельная 16-разрядная магистраль с отдельными шинами адреса и данных подключения средств автоматизации системы MESCON
D ³ B	Однопроводная разомкнутая магистраль дистанционного многоточечного подключения фирмы Philips
DW (IEC 516)	Синхронная параллельная магистраль крейта CAMAC; разработана ESONE в виде EUR 4100e
ESDI	Интерфейс НМД среднего и высокого быстродействия (до 20 Мбит/с); предложен фирмой Maxtor
FDI	Интерфейс накопителей на гибких дисках (проект ISO/TC 97/SC13 DP 9315 на базе ANSI/X3.180—1981)

HP-IB (IEEE 488, IEC 625-1)	Параллельная 8-разрядная магистраль программируемых приборов; предложена фирмой HP
HP-IL (DP Series IEC 625-1) I ² C	Последовательная кольцевая петля фирмы HP, совместимая с HP-IB Двухпроводная синхронная последовательная магистраль локального подключения фирмы Philips
IPI	Параллельная 8- и 16-разрядная магистраль локального подключения интеллектуальных контроллеров высокопроизводительных системных ПУ (проект стандарта ANSI и ISO/TC 97/SC13 DP 9318—9322)
ISI	Параллельная 16-разрядная магистраль локального подключения интеллектуальных контроллеров высокопроизводительных ВЗУ (проект ряда фирм США для средних и больших ЭВМ)
MEDIA	Параллельная двухуровневая локальная магистраль многоточечного подключения средств автоматизации фирмы GEC-Elmott
MIL-1553B	Последовательная разомкнутая проводная магистраль многоточечного подключения локально удаленных ПУ (стандарт США для бортовых систем)
MIL-1773	Последовательная оптоволоконная магистраль, совместимая с MIL-1553B (стандарт США для бортовых систем)
RS-232C	Международный последовательный интерфейс подключения ПУ малого быстродействия (до 57,6 кбит/с) (стандарт EIA)
RS 422	Международный последовательный магистральный интерфейс для симметричных линий связи с ПУ высокого быстродействия (до 10 Мбит/с) (стандарт EIA, V.10 CCITT)
RS 423	Международный последовательный магистральный интерфейс для несимметричных линий связи с ПУ среднего быстродействия (до 100 кбит/с) (стандарт EIA, V.11 CCITT)
RS-485	Усовершенствованный вариант RS-422 с несколькими режимами работы и реализацией мн. линий (стандарт EIA)
SA 1000	Интерфейс 8-дюймовых НМД типа «Винчестер» фирмы Shugart Associates (стандарт ANSI)
SCSI	Системный параллельный 8-разрядный интерфейс малых ЭВМ для локального подключения системных ПУ (проект ISO/TC 97/SC13 DP 9316)
SH (IEC 640)	Асинхронная последовательная кольцевая магистраль CAMAC; разработана ESONE в виде EUR 6100e

ST506/412	Интерфейс 133-миллиметровых НМД типа «Винчестер» (до 5 Мбит/с) фирмы Seagate Technology (стандарт ANSI/X3.101—83)
SMD	Интерфейс 203- и 356-миллиметровых НМД типа «Винчестер» (до 15 Мбит/с) фирмы CDC (стандарт ANSI)
QIC-02	Интеллектуальный интерфейс для потоковых НМЛ в кассете типа «Картридж», упрощенная версия интерфейса — стандарт ANSI/X3.146—1986
QIC-24	Стандарт на формат записи потоковых НМЛ в кассете типа «Картридж» с плотностью записи 32 бит/мм при одной головке чтения/записи и контрольным сдвигиванием после записи
QIC-36	Стандартный интерфейс потоковых НМЛ, определяющий физический интерфейс, сигналы управления головками записи/чтения и последовательное кодирование данных
V.24	Международный последовательный интерфейс, аналогичный RS-232C

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

СЛОВАРЬ ОСНОВНЫХ ТЕРМИНОВ

Абонент (Subscriber)	Юридическое или физическое лицо, пользующееся услугами, предоставляемыми системой передачи, обработки данных или вычислительной сетью; компонент системы или сети, реализующей ее протокол
Адаптер (Adapter)	Устройство, обеспечивающее сопряжение и взаимодействие двух или более технических средств с различными интерфейсами и/или протоколами
Адрес (Address)	Закодированное обозначение абонента, получателя или источника данных
Адресация групповая (Group Addressing)	Адресация, при которой данные передаются группе абонентов
Адресация индивидуальная (Individual Addressing)	Адресация, при которой данные передаются только одному абоненту
Адресация логическая (Logical Addressing)	Адресация абонентов, независимая от их физического месторасположения
Адресация физическая (Physical Addressing)	Адресация, при которой указывается физическое месторасположение абонента
Адресация широковещательная (Broadcast Addressing)	Адресация одновременно ко всем абонентам
Арбитр (Arbiter)	Устройство (схема, механизм), определяющее приоритет абонента на получение ресурсов интерфейса (системы, сети)
Арбитраж (Arbitrage)	Процедура определения абонента с наивысшим приоритетом
Арбитраж децентрализованный (Noncentralized Arbitrage)	Арбитраж, основанный на распределении средств арбитра по активным абонентам интерфейса (системы, сети) коллективного пользования
Арбитраж на основе кодированных приоритетов	Арбитраж, при котором осуществляется синхронный опрос устройства, хранящего асинхронные запросы, и конфликты разрешаются в пользу устройства с наивысшим приоритетом
Арбитраж параллельный (Parallel Arbitrage)	Вид арбитража, обеспечивающий параллельное сравнение сигналов прерывания, поступающих по соответствующему числу уровней приоритета выделенных линий интерфейса
Арбитраж последовательный, гирляндный	Вид арбитража, при котором линия запроса и разрешения захвата магистрали проходит последовательно через все устройства к/от арбитра магистралей и конфликты разрешаются в пользу запрашивающего устройства, ближайшего к началу последовательной линии разрешения захвата магистрали

Арбитраж централизованный (Centralized Arbitrage)

Аппаратура окончания канала данных (Data circuit Termination Equipment)

Аппаратура передачи данных (Data Communication Equipment)

Архитектура взаимосвязи открытых систем (Open Systems Interconnection Architecture)

Архитектура вычислительной сети (Network Architecture)

Архитектура вычислительной системы (Computing Architecture)

Архитектура интерфейсной системы (Interface Systems Architecture)

Блок данных (Data Unit)

Блок данных интерфейсный — ИБД (Interface Data Unit — IDU)

Блок данных протокольный — ПБД (Protocol Data Unit — PDU)

Блок данных сервисный — СБД (Service Data Unit — SDU)

Арбитраж, основанный на использовании только одного отдельного физического устройства в интерфейсе (системе, сети)

Оборудование станции данных, выполняющее преобразование сигналов и кодов между оконечным оборудованием данных и линией связи

Совокупность устройств, осуществляющая установление физического соединения, преобразование сигналов данных, некоторые функции защиты от ошибок и вспомогательные функции (например, контрольно-измерительные)

Сетевая архитектура, удовлетворяющая конкретному набору стандартов МОС, относящихся к взаимосвязи открытых систем

Логическая структура и принципы работы вычислительной сети

Общая логическая организация цифровой вычислительной системы, определяющая процесс обработки данных в конкретной вычислительной системе и включающая методы кодирования данных, состав, назначение, принципы взаимодействия технических средств и программного обеспечения

Общая логическая организация интерфейсной системы, которая определяет процессы передачи информации и интерфейсной системе и включает состав, назначение, принципы и протоколы взаимодействия средств аппаратного и программного уровней, обеспечивающие создание и функционирование различных структур систем

Порция данных, пересылаемая как целое между устройствами вычислительной системы или сети

Блок данных, передаваемый между объектами смежных уровней

Блок данных, передаваемый между объектами одного и того же уровня

Блок данных, в который отображаются ПБД смежного верхнего уровня при их переносе в смежный нижний уровень. При переносе СБД в смежный нижний уровень они отображаются в ПБД последнего

Блокировка (Lock-up)	Запрещение других обращений к ресурсам системы или сети при выполнении какой-либо операции, использующей эти ресурсы
Ввод данных (Data Input)	Операция чтения данных с носителя данных или клавиатуры ввода данных и последующая запись их в основную память
Ведущий (Master)	Компонент, управляющий в текущий момент времени операцией в интерфейсе, системе
Ведомый (Slave)	Компонент, взаимодействующий в текущий момент времени с управляющим компонентом (ведомым) в совместном выполнении операций
Взаимодействие (Interworking)	Способность взаимосвязанных систем выполнять совместную работу при решении общей распределенной задачи
Взаимодействие с подтверждением (Handshaking)	Процедура синхронизации обмена, при которой сигнал подтверждения посылается обратно для указания о получении (выдаче) информации
Взаимосвязь открытых систем (Open Systems Interconnection)	Взаимосвязь нескольких открытых систем в соответствии с определенными стандартами МОС с целью обмена информацией и обеспечения взаимодействия между ними
Вывод данных (Data Output)	Операция чтения данных из основной памяти и последующая запись их на носитель данных или на экран
Данные (Data)	Информация, которая представлена в формализованном виде и предназначена для обработки техническими средствами (например, вычислительными машинами) или уже обработана ими
Доступ (Access)	Процесс обращения абонента к некоторым ресурсам системы, сети
Доступ дистанционный (Remote Access)	Доступ к ресурсам от удаленных абонентов через средства дистанционной связи
Доступ коллективный (множественный) (Multiaccess)	Одновременный доступ нескольких абонентов к общим ресурсам
Доступ случайный (Random Access)	Доступ, позволяющий абоненту передавать данные без явной предварительной координации с другим абонентом
Драйвер (Driver)	Блок управления, формирующий нормируемые сигналы на линиях интерфейса; электромеханическое периферийное оборудование, использующее магнитную запись на носитель; программа управления конкретным ПУ
Евроконструктивы	Конструктивы каркасов (нрситов), соответствующие требованиям стандартов МЭК

Европлата (Eurocard)	Печатная плата, соответствующая требованиям стандартов МЭК/297/ТК48
Евросоединитель	Соединитель косвенного контактирования, устанавливаемый на Европлату и соответствующий требованиям стандарта МЭК 603-2
Защита от ошибок (Error Control)	Процедуры уменьшения влияния помех, возникающих при передаче и обработке данных
Звено данных (Data Link)	Совокупность канала связи и двух или более станций, подключенных к этому каналу и одновременно участвующих в передаче данных при отсутствии промежуточных пунктов хранения или обработки данных
Знак данных (Character)	Буква, цифра, знак препинания или какой-либо другой символ, отображающий данные
Инициация системы (System Initiation)	Процедура, обеспечивающая начальную подготовку к работе, установку в активных абонентах значений, управляющих доступом к коллективно используемым ресурсам, а также запуск системы в работу
Интерфейс (Interface)	Совокупность средств и правил, обеспечивающих взаимодействие компонентов вычислительной системы или сети
Интерфейс ввода-вывода (Input-output Interface)	Интерфейс, используемый в ВС для подключения системного периферийного оборудования
Интерфейс логический (Logical Interface)	Термин, относящийся в общем случае ко всем протоколам, уровни которых выше уровня физического интерфейса
Интерфейс программируемый (Programmable Interface)	Интерфейс или средство сопряжения ПУ, функции которого могут быть изменены программным образом
Интерфейс физический (Physical Interface)	Термин, определяющий совокупность электрических, механических и функциональных характеристик средств, реализующих взаимодействие
Интерфейс физический уровня 0	Совокупность электрических и механических характеристик физического интерфейса
Интерфейс физический уровня 1	Совокупность состояний магистрали, последовательностей и других правил, (за исключением электрических и механических характеристик), определяющих использование интерфейсов
Канал (Channel)	Среда распространения сигналов
Канал ввода-вывода (Input-Output Channel)	Устройство, обеспечивающее пересылку данных между основной памятью и периферийными устройствами

Канал передачи данных (Data Channel)	Совокупность канала связи или физической линии связи и аппаратуры передачи данных
Канал связи (Data Circuit, Data Line)	Совокупность технических средств и среды распространения сигналов, обеспечивающая передачу сообщений любого вида от источника к получателю(ям)
Контроль по четности (Parity check)	Метод проверки правильности данных, основанный на сравнении кодов по модулю 2
Крейт (Crate)	Типовой каркас системы (например, КАМАК), используемый для размещения встраиваемых функциональных узлов, блоков и модулей
Линия выборки (Selection Line)	Линия, по которой передается адрес или сигнал выборки ПУ
Линия связи (Communication Line)	Физическая среда, по которой передается адрес или сигнал выборки ПУ
Магистраль (Bus)	Совокупность линий и шин интерфейса, обеспечивающих его функционирование
Магистраль локальная (Local Bus)	Магистраль, используемая активным абонентом для взаимодействия с собственными локальными ресурсами (например, с оперативной памятью)
Магистраль системная (System Bus)	Параллельная высокопроизводительная магистраль, используемая для взаимосвязи основных компонентов системы (процессоров, общей памяти, контроллеров и др.)
Маршрутизация (Routing)	Выбор пути передачи данных в системе или сети с несколькими промежуточными узлами между источниками данных и получателем данных
Модель эталонная взаимосвязи открытых систем (Reference Model of Open Systems Interconnection)	Модель, которая описывает общие принципы ВОС и представляет иерархическое расположение семи уровней, определенных соответствующими стандартами МОС
Моноканал	Монопольно используемая физическая среда, обеспечивающая возможность передачи данных от одного источника всем абонентам, подключенным к этой физической среде
Обмен данными (Data Communication)	Процедура передачи данных между двумя и более абонентами системы, сети
Обмен интерфейсный асинхронный (Asynchronous Data Communication)	Операция передачи данных по интерфейсу, выполняемая после получения сигнала от приемника о его готовности к выполнению операции и заканчивающаяся подтверждением о завершении операции передачи

Обмен интерфейсный синхронный (Synchronous Data Communication)	Операция передачи данных на основе одного общего или отдельных генераторов с использованием отдельной(ых) линий стробирования
Обработка данных (Data Processing)	Систематическое выполнение операций над данными
Обработка данных распределенная (Distributed Data Processing)	Обработка данных, в которой все функции обработки, хранения данных и управления, а также функции ввода-вывода распределены по абонентам, станциям системы, сети
Пакет (Packet)	Протокольный блок данных сетевого уровня
Передача блочная	Передача одной или нескольких групп слов
Передача данных (Data Transimission)	Пересылка данных от источника данных к получателю данных с помощью средств связи
Повторитель интерфейсный (Interface Repeater)	Устройство, обеспечивающее восстановление сигналов интерфейса, увеличение длины и расширение топологии системы
Пользование ресурсами коллективное (Resource Sharing)	Совместное использование несколькими абонентами ресурсов интерфейса, системы, сети
Пользователь (User)	Физическое лицо, пользующееся ресурсами интерфейса, системы, сети
Порт ввода-вывода (Input-output Port)	Адресуемый канал (устройство) ввода-вывода
Преобразователь интерфейсный (Interface Converter)	Совокупность технических и программных средств, обеспечивающих взаимодействие одной или нескольких различных систем между собой и с вычислительной сетью
Преобразователь межсетевой (Gateway)	Совокупность технических и программных средств, обеспечивающих взаимодействие нескольких ВС
Преобразователь протокольный (Protocol Converter)	Совокупность функций, выполняемых для соединения элементов сетей различной архитектуры
Прерывание (Interrupt, Abort)	Преждевременное принудительное прекращение нормальной последовательности выполнения операции
Прерывание векторное (Vector Interrupt)	Прерывание, при котором передается адрес метки, идентифицирующей первую команду подпрограммы прерывания
Примитив услуги (Service primitive)	Абстрактное независимое от реализации элементарное взаимодействие между пользователем услуги и поставщиком услуги
Приоритет (Priority)	Ранг средства, определяющий его относительную(ое) важность (право) на доступ к ресурсам коллективного пользования

Протокол (Protocol)	Совокупность правил, определяющая взаимодействие абонентов системы, сети и описывающая способ выполнения определенного класса функций
Протокол межсетевой (Internetwork Protocol)	Протокол, определяющий способ взаимодействия двух или более различных сетей
Процесс (Process)	Конечная последовательность событий, выполняемая в системе обработки данных при определенных условиях для достижения заданной цели или результата. Процесс способен взаимодействовать с другими процессами и/или пользователями в данной или других системах обработки данных
Процесс прикладной (Application Process)	Процесс, который выполняет по заданию пользователя обработку данных для конкретного применения
Режим байтовый (Byte Mode)	Обмен данными между несколькими устройствами по одному каналу связи с чередованием байтов данных
Режим блоковый (Block Mode)	Передача группы байтов по одному каналу связи в течение определенного непрерывного промежутка времени между двумя абонентами
Режим монопольный (Burst Mode)	Режим использования канала, при котором один абонент монополизировывает средства канала в течение длительного периода времени
Режим мультиплексный (Multiplex Mode)	Режим использования канала, при котором один из абонентов взаимодействует с другими одновременно работающими абонентами в интервале времени, устанавливаемом автоматически
Система вычислительная (Computer System)	Система обработки данных, настроенная на решение задач конкретной области применения и работающая с данными, представленными в закодированной форме
Система децентрализованная (Noncentralized System)	Система, в которой информационные, вычислительные и управляющие ресурсы распределены по нескольким элементам системы
Система интерфейсная (Interface System)	Совокупность интерфейса и конструктивных средств для реализации функционально и конструктивно законченной системы
Система обработки данных (Data Processing System)	Система, выполняющая автоматизированную обработку данных и включающая технические средства обработки данных, методы и процедуры, программное обеспечение и соответствующий персонал

Система открытая (Open System)	Система, удовлетворяющая определенным стандартам и способная взаимодействовать с другой системой, удовлетворяющей тем же стандартам
Система передачи данных (Data Communication System)	Взаимодействующий комплекс технических средств, линий связи и протоколов, обеспечивающий передачу данных между абонентами системы
Система с общей шиной (Common Bus System)	Система, все абоненты которой подсоединены параллельно к общей шине
Система с разделением времени (Time-sharing System)	Централизованная система, в которой управление взаимодействием абонентов вырабатывается общим элементом в порядке установленной очередности или приоритета
Система телеобработки данных (Teleprocessing System)	Взаимосвязанный комплекс технических, программных средств и процедур обмена данными, реализующий функции телеобработки данных
Система централизованная (Centralized System)	Система, в которой управление взаимодействием вырабатывается общим элементом
Совместимость (Compatibility)	Способность устройства системы согласовано взаимодействовать с другим устройством, системой (обычно рассматривается информационная, логическая, программная и электрическая совместимость)
Согласователь интерфейсный (Interface Terminator)	Устройство или техническое средство, обеспечивающее согласование электрических параметров линий интерфейса
Управление системой (System Management)	Функции прикладного уровня, относящиеся к управлению различными ресурсами ВОС и их состояниями по всем уровням архитектуры ВОС
Уровень (Layer)	Иерархическое подмножество функций ВОС, предоставляющих услуги смежному верхнему уровню по обмену данными и использующих для этого услуги смежного нижнего уровня
Уровень звена данных (Data Link Layer)	Уровень, обеспечивающий протокол управления звеном данных, формирование и передачу кадров данных
Уровень представления данных (Presentation Layer)	Уровень, обеспечивающий преобразование и представление данных в требуемом формате
Уровень прикладной (Application Layer)	Уровень, обеспечивающий связь между прикладными процессами
Уровень сеансовый (Session Layer)	Уровень, обеспечивающий диалог или обмен структурированными сообщениями между двумя логическими объектами прикладного уровня

Уровень сетевой (Network Layer)	Уровень, определяющий формирование пакетов данных и их маршрутизацию по сети
Уровень транспортный (Transport Layer)	Уровень, ответственный за надежную и достоверную доставку сообщений по сетевому соединению
Уровень физический (Physical Layer)	Уровень, определяющий механические, электрические и функциональные характеристики, требуемые для подключения, поддержания и отключения физической линии или канала связи между станциями звена данных
Услуга (Service)	Функциональная возможность, предоставляемая уровнем одному или нескольким вышерасположенным уровням
Файл (File)	Идентифицированная совокупность экземпляров полностью описанного в конкретной программе типа данных, находящихся вне программы во внешней памяти и доступных программе посредством специальных функций
Формат данных (Data Format)	Установленное расположение закодированных знаков данных и управляющих знаков в последовательности передаваемых данных
Функция интерфейсная (Interface Function)	Часть алгоритма интерфейса, реализующая определенную операцию взаимодействия
Цепь приоритетная, гибридная (Daisy Chain)	Способ подключения, при котором позиция в цепи определяет приоритет на получение ресурсов коллективного пользования
Цикл (Cycle)	Временной или пространственно-временной интервал, в котором выполняется один набор операций

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список основных сокращений	3
Предисловие	6
Глава 1. Общая характеристика интерфейсов	8
1.1. Основные понятия	8
1.2. Международная стандартизация	10
1.2.1. Общие сведения	10
1.2.2. Международные организации	10
1.2.3. Международно-групповые объединения	14
1.2.4. Профессиональные и национальные организации	16
1.3. Эталонная модель	16
1.3.1. Общие сведения	16
1.3.2. Понятие архитектуры ВОС	17
1.3.3. Краткая характеристика уровней	18
1.3.4. Развитие эталонной модели	21
1.4. Принципы организации интерфейсов	22
1.4.1. Общие понятия	22
1.4.2. Структура связей интерфейсов	24
1.4.3. Функциональная организация интерфейсов	24
1.5. Классификация интерфейсов	28
1.5.1. Основные классификационные признаки	28
1.5.2. Классификация интерфейсов по логической и функциональной организации	30
1.5.3. Классификация интерфейсов по конструктивному исполнению	30
Глава 2. Системные интерфейсы мини- и микроЭВМ	31
2.1. Общая характеристика	31
2.1.1. Основные сведения	31
2.1.2. Системные интерфейсы мини-ЭВМ	32
2.1.3. Системные интерфейсы микроЭВМ	32
2.1.4. Системные интерфейсы персональных ЭВМ	33
2.2. Интерфейс «Общая шина» СМ ЭВМ	34
2.2.1. Назначение	34
2.2.2. Логическая организация	34
2.2.3. Функциональная организация	34
2.2.4. Функционально-временные характеристики	36
2.2.5. Физическая реализация	37
2.3. Интерфейс ИУС	38
2.3.1. Назначение	38
2.3.2. Логическая организация	38
2.3.3. Функциональная организация	40
2.3.4. Физическая реализация	40
2.4. Интерфейс МПИ (ГОСТ 26765.51—86)	41
2.4.1. Основные сведения	41
2.4.2. Технические характеристики	42

2.4.3.	Логическая организация . . .	42
2.4.4.	Функциональная организация . . .	44
2.4.5.	Физическая реализация . . .	48
2.5.	Системная магистраль ПЭВМ типа Э-85 . . .	48
2.5.1.	Назначение	48
2.5.2.	Логическая организация	48
2.5.3.	Функциональная организация	50
2.5.4.	Физическая реализация	52
2.6.	Системная магистраль ЕС ПЭВМ	52
2.6.1.	Назначение	52
2.6.2.	Логическая организация	52
2.6.3.	Функциональная организация	54
2.6.4.	Физическая реализация	55
Глава 3. Интерфейсы периферийного оборудования		55
3.1.	Общая характеристика	55
3.1.1.	Основные сведения	55
3.1.2.	Универсальные интерфейсы ПУ общего назначения	57
3.1.3.	Системные интерфейсы программируемых устройств	58
3.2.	Интерфейсы ИРПР, ИРПР-М	59
3.2.1.	Интерфейс ИРПР	59
3.2.2.	Интерфейс ИРПР-М	62
3.3.	Интерфейсы ИРПС, RS-232C, C2-ИС	65
3.3.1.	Интерфейс ИРПС	65
3.3.2.	Интерфейс типа RS-232C	66
3.3.3.	Интерфейс типа C2-ИС	67
3.4.	Интерфейс SCSI	68
3.4.1.	Общие сведения	68
3.4.2.	Основные термины	68
3.4.3.	Общая организация	69
3.4.4.	Фазы интерфейса	71
3.4.5.	Логическая организация	72
3.4.6.	Требования к физическим характеристикам	76
3.5.	Интерфейс IPI	79
3.5.1.	Общие сведения	79
3.5.2.	Общая организация	81
3.5.3.	Логическая организация	85
3.5.4.	Функциональная организация	85
3.5.5.	Физическая реализация IPI	86
3.6.	Интерфейс ввода-вывода ЕС ЭВМ	87
3.6.1.	Общие сведения	87
3.6.2.	Логическая организация	89
3.6.3.	Функциональная организация	95
3.6.4.	Физическая реализация интерфейса	97
3.7.	Интерфейсы накопителей на магнитных дисках	99
3.7.1.	Общая характеристика	99
3.7.2.	Интерфейс СМД	100
3.7.3.	Интерфейс ИКМД	103
3.7.4.	Интерфейс ИМД-М	107
3.7.5.	Интерфейс ИГМД	110
3.8.	Интерфейсы накопителей на магнитных лентах	112
3.8.1.	Общая характеристика	112
3.8.2.	Интерфейс ИНМЛ	113
3.8.3.	Интерфейс ИНМЛ-П	116
3.8.4.	Интерфейс ИНМЛ-К	118
3.8.5.	Интерфейс ИКМЛ	121

Глава 4. Стыки систем передачи данных	123
4.1. Общая характеристика	123
4.1.1. Основные понятия	123
4.1.2. Развитие стандартизации	125
4.2. Стыки С1	128
4.2.1. Классификация	128
4.2.2. Стык С1-ТГ	128
4.2.3. Стыки С1-ТФ и С1-ТЧ	130
4.2.4. Стык С1-ТЧР	134
4.2.5. Стыки С1-ПГ и С1-ШП	135
4.2.6. Стык С1-ФЛ	136
4.2.7. Стык С1-АК	138
4.2.8. Стык С1-ОЛ	140
4.2.9. Тракты передачи данных	140
4.3. Стык С2 и его расширения	140
4.3.1. Общая характеристика	140
4.3.2. Процедурные и функциональные характеристики	140
4.3.3. Электрические характеристики	149
4.3.4. Механические характеристики	151
4.3.5. Расширение стыка С2	151
4.4. Стык С3	158
4.4.1. Стык с УЗО	158
4.4.2. Стык с ГУЗО	159
4.5. Интерфейс Х.25 и его расширения	159
4.5.1. Общая характеристика	159
4.5.2. Службы и процедуры	160
4.5.3. Форматы пакетов	163
4.5.4. Развитие и расширение Х.25	166
Глава 5. Интерфейсы программируемых приборов	167
5.1. Общая характеристика	167
5.1.1. Общие сведения	167
5.1.2. Основные термины	169
5.1.3. Интерфейсные БИС	169
5.1.4. Программное обеспечение	169
5.2. Интерфейс приборной магистрали по ГОСТ 26.003—80	170
5.2.1. Общая характеристика	170
5.2.2. Логическая организация	171
5.2.3. Функциональная организация	173
5.2.4. Коды и форматы	175
5.2.5. Физическая реализация интерфейса	176
5.3. Интерфейсные БИС	177
5.3.1. Общие сведения	177
5.3.2. БИС приемник/источник	178
5.3.3. БИС сопряжения контроллеров КР580ВГ92	181
5.3.4. БИС приемопередатчиков	183
5.4. Интерфейс последовательной магистрали HP-IL	184
5.4.1. Общие сведения	184
5.4.2. Логическая организация	184
5.4.3. Функциональная организация	186
5.4.4. Физическая реализация	186
Глава 6. Интерфейсы системы КАМАК	187
6.1. Общая характеристика	187
6.1.1. Общие сведения	187

6.1.2. Основные термины	188
6.1.3. Программное обеспечение	192
6.2. Интерфейс магистрали крейта	192
6.2.1. Общие сведения	192
6.2.2. Логическая организация	192
6.2.3. Функциональная организация	197
6.2.4. Физическая реализация	198
6.2.5. Специализированные унифицированные контроллеры крейта	198
6.3. Интерфейс магистрали ветви	201
6.3.1. Общие сведения	201
6.3.2. Логическая организация	202
6.3.3. Функциональная организация	206
6.3.4. Физическая реализация	209
6.3.5. Унифицированный контроллер крейта	211
6.4. Интерфейс последовательной магистрали	211
6.4.1. Общие сведения	211
6.4.2. Логическая организация	212
6.4.3. Функциональная организация	214
6.4.4. Физическая реализация	221
6.4.5. Унифицированный контроллер крейта	223
6.4.6. Средства обнаружения и устранения ошибок	223
6.5. Интерфейс многоконтроллерного крейта	224
6.5.1. Общие сведения	224
6.5.2. Логическая организация	224
6.5.3. Функциональная организация	225
6.5.4. Физическая реализация	226
Глава 7. Интерфейсы магистрально-модульных мультимикро- цессорных систем	228
7.1. Общая характеристика	228
7.1.1. Основные сведения	228
7.1.2. Основные понятия	228
7.1.3. Структура MMC	229
7.1.4. Особенности интерфейсов MMC	231
7.1.5. Принципы управления магистралями	231
7.1.6. Стандартизация интерфейсов MMC	233
7.2. Интерфейс И-41	234
7.2.1. Общие сведения	234
7.2.2. Логическая организация	234
7.2.3. Функциональная организация	234
7.2.4. Физическая реализация	239
7.2.5. Интерфейсные БИС	240
7.3. Интерфейсные системы Multibus I и Multibus II	244
7.3.1. Общие сведения	244
7.3.2. Системная магистраль Multibus	246
7.3.3. Локальная магистраль LBX	247
7.3.4. Магистраль многоканального ввода-вывода Multichannel	248
7.3.5. Магистраль SBX	253
7.3.6. Параллельная системная магистраль PSB	255
7.3.7. Локальная магистраль LBX II	267
7.3.8. Последовательная магистраль SSB	271
7.4. Интерфейсная система VME-bus	272
7.4.1. Общие сведения	272
7.4.2. Организация магистрали VME	272

7.4.3. Организация магистрали VMX	280
7.4.4. Организация магистрали VMS	282
7.4.5. Физическая реализация магистралей интерфейса VME-bus	286
7.5. Интерфейс VAXBI	287
7.5.1. Общие сведения	287
7.5.2. Логическая организация	287
7.5.3. Физическая реализация	291
7.6. Интерфейс RESYM	291
7.6.1. Общие сведения	291
7.6.2. Логическая организация	292
7.6.3. Физическая реализация	294
Глава 8. Интерфейсы и протоколы локальных вычислительных сетей	294
8.1. Общая характеристика	294
8.1.1. Основные понятия	294
8.1.2. Развитие ЛВС и стандартизация	297
8.1.3. Требования к ЛВС и их особенности	299
8.1.4. Конфигурация ЛВС	302
8.1.5. Архитектура ЛВС	303
8.1.6. Физическая среда	305
8.1.7. Классификация ЛВС	308
8.2. Шина со случайным доступом	309
8.2.1. Общая характеристика	309
8.2.2. Структура и формат кадра	310
8.2.3. Услуги и протокол подуровня УДС	311
8.2.4. Услуги и протокол физического уровня	313
8.2.5. Спецификации УСС и физической среды	314
8.2.6. Принципы и пример построения сети	315
8.3. Шина с маркерным доступом	317
8.3.1. Общая характеристика	317
8.3.2. Типы и форматы кадров	318
8.3.3. Услуги и протокол подуровня УДС	319
8.3.4. Протокол физического уровня и спецификация физической среды	321
8.4. Кольцо с маркерным доступом	325
8.4.1. Общая характеристика	325
8.4.2. Типы и форматы кадров	326
8.4.3. Протокол подуровня УДС	328
8.4.4. Характеристики физического уровня и физической среды	329
8.4.5. Принципы и пример реализации ЛВС КМД	330
8.5. Кольцо с тактированным доступом	331
8.5.1. Общая характеристика	331
8.5.2. Структура и формат мини-пакета	333
8.5.3. Протокол подуровня УДС	333
8.5.4. Протокол физического уровня и спецификация физической среды	336
8.5.5. Принципы и пример построения сети	337
Глава 9. Интерфейсы рассредоточенных систем управления	338
9.1. Общая характеристика	338
9.1.1. Основные сведения	338
9.1.2. Основные понятия	340
9.2. Интерфейс ИРМ	341

9.2.1. Общие сведения	341
9.2.2. Логическая организация	342
9.2.3. Функциональная организация	343
9.2.4. Физическая реализация	346
9.3. Интерфейс ИЛПС	347
9.3.1. Общие сведения	347
9.3.2. Логическая организация	347
9.3.3. Логический интерфейс ИЛПС1	348
9.3.4. Логический интерфейс ИЛПС2	352
9.3.5. Физическая реализация	354
9.4. Интерфейс PROWAY C	354
9.4.1. Общие сведения	354
9.4.2. Логическая организация	356
9.5. Спецификация MAP	357
9.5.1. Общие сведения	357
9.5.2. Спецификация MAP 2.1	358
9.6. Интерфейсы последовательных мультиплексных каналов	359
9.6.1. Общие сведения	359
9.6.2. Логическая организация	360
9.6.3. Функциональная организация	361
9.6.4. Физическая реализация по MIL-1553B	361
9.6.5. Физическая реализация по MIL-1773	364
9.6.6. Интерфейсные БИС	365
9.7. Интерфейс Vitis	368
9.7.1. Общие сведения	368
9.7.2. Логическая организация	369
9.7.3. Физическая реализация	373
<i>Приложение 1. Системотехнические характеристики интерфейсов СОО</i>	374
<i>Приложение 2. Нормативно-технические документы</i>	381
П2.1. НТД общего назначения	381
П2.2. НТД по интерфейсам мини- и макроЭВМ	386
П2.3. НТД по интерфейсам периферийного оборудования	386
П2.4. НТД по стыкам систем передачи данных	387
П2.5. НТД по интерфейсам программируемых приборов	390
П2.6. НТД по интерфейсам системы КАМАК	390
П2.7. НТД по интерфейсам магистрально-модульных мультипроцессорных систем	390
П2.8. НТД по интерфейсам и протоколам локальных вычислительных сетей	390
П2.9. НТД по интерфейсам рассредоточенных систем управления	391
<i>Приложение 3. Основные интерфейсы зарубежных СОО</i>	392
П3.1. Системные интерфейсы ЭВМ и ВС	392
П3.2. Интерфейсы ПУ и средств автоматизации	394
<i>Приложение 4. Словарь основных терминов</i>	397
<i>Список рекомендательной литературы</i>	405