



МИКРО-

ПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

3 | 1987

ISSN 0233-4844

Игровая компонента персональной ЭВМ: стимулятор творчества, педагогический прием, жанр киноискусства

Компьютеры в медицине: ультразвуковой эхоофтальмометр на базе однокристалльной микроЭВМ КР1816ВЕ48, микрокомпьютерная система обработки электроокулографических сигналов, оперативный контроль кровообращения с помощью микроЭВМ, микрокомпьютерные средства наблюдения мозговой активности

Персональные ЭВМ в музыкальном творчестве: цифровая электроакустическая система НИКФИ; стандартный сетевой интерфейс МИДИ; автоматизированное рабочее место композитора; особенности реализации быстродействующих процессоров для синтеза и обработки звуковых сигналов

Микросхема для сопряжения магистралей СМ ЭВМ и микроЭВМ «Электроника 60» — БИС К1801ВП1-054: состав сигналов, режимы работы, пример построения одноплатаго адаптера магистралей МПИ и ОШ





Автоматизированное рабочее место композитора, оснащенное персональными компьютерами YAMAHA MSX

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

В МУЗЫКАЛЬНОМ ТВОРЧЕСТВЕ

На первой странице обложки:

Экспериментальная пластинка, на которой, кроме песен А. Родионова и Б. Тихомирова, записаны две игровые программы. Загрузка программ в персональный компьютер осуществляется с выхода проигрывателя аналогично загрузке с кассетного магнитофона

(К ст. А. Б. Родионова)

ОРГАН
ГОСУДАРСТВЕННОГО
КОМИТЕТА СССР
ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ
ТЕХНИКЕ
И ИНФОРМАТИКЕ

Издается с 1984 года

МПИ МИКРО ПРОЦЕССОРНЫЕ СРЕДСТВА И СИСТЕМЫ

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ 3 / 1987 МОСКВА

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Как учить программированию

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СРЕДСТВ

Микропроцессоры — новый инструмент музыкального творчества

Медицинские приложения

УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР

Справочная информация

Ершов А. П. — Колонка редактора	2
Бокарев А. В., Гаморин М. Ю., Кабанов А. И. — БИС адаптера магистралей СМ ЭВМ и микроЭВМ «Электроника 60»	3
Бокарев А. В., Гаморин М. Ю., Кабанов А. И. — Адаптер магистралей МПИ — ОШ	6
Громов Г. Р. — Игровая компонента персональной ЭВМ: стимулятор творчества, педагогический прием, жанр киноискусства	7
Пажитнов А. Л. — Логическая структура компьютерной игры	11
Кочетков Г. Б. — Нужен ли компьютер дома?	13
Снежко Е. М., Тихомиров А. Е. — Компактный мобильный кроссассемблер для микропроцессора КР580ВМ80	18
Кавалерчик Б. Я. — Надежность программного обеспечения и условия эксплуатации	20
Большаков И. А. — Программную документацию — высококачественно!	24
Подвальный С. Л., Кравец О. Я., Михин Ю. А. — Школьный вычислительный комплекс	28
Круг Г. К., Кабанов В. А., Черных А. В. — Инструментальные диалоговые обучающие системы на микроЭВМ	29
Сычев Н. Ф., Штеренгарц Е. М. — Виртуальный интерфейс микроЭВМ «Электроника 60»	31
Ходаковский Е. А. — Сопряжение микропроцессора с «медленными» устройствами ввода-вывода информации	32
Танган А. С. — Музыкальная информатика: средства и перспективы	35
Кузнецов А. И., Михайлова Н. Н. — Системотехника компьютерных музыкальных синтезаторов	38
Барышненков Ю. Н., Белкин Б. Г., Гордон М. Г. — Микропрограммируемый процессор — инструмент звукорежиссера	45
Лукьянов Д. А., Михайлова Н. Н. — МИДИ — сетевой интерфейс музыкальных систем	50
Кальян В. П. — Роль музыкального языка в музыкальном синтезе	52
Родионов А. Б. — Персональный компьютер в музыкальном творчестве	53
Каневский А. М., Розман Б. Я. — Двухплатный микроконтроллер на базе МПК БИС КР580 для медицинских применений	57
Чернин С. Л., Береговская Е. М. — Ультразвуковой эхоофтальмометр на базе однокристалльной микроЭВМ КР1816ВЕ48	59
Семенов П. А., Федоров С. Н., Мирнова Э. М., Егорова Э. В. — Микрокомпьютерная система на базе МПК БИС КР580 для автоматической обработки биосигналов глаза	62
Бородин С. М., Лукьянов В. И., Зайцев В. А., Тетерина Е. А. — Микрокомпьютерные средства контроля состояния мозга	67
Шварев Ю. Н. — Использование ЭВМ «Искра 226.6» в электроэнцефалографическом эксперименте	72
Дианов А. П., Щелкунов Н. Н. — Малогабаритные источники питания для микросистем	73
Тилинин Д. А., Глазачев Н. К., Айсанов Р. Б. — ПЭВМ «Океан 240»: конструкция и методика отладки	77
Солоненко В. И., Касперович А. Н., Ефремов А. И. — Электронный диск — внешнее ЗУ ЭВМ	86
Однократно программируемые ПЗУ серии КР556	88
Рефераты статей	95

АКАДЕМИК А. И. БЕРГ О КИБЕРНЕТИКЕ И О ПЕРЕСТРОЙКЕ В 1959 ГОДУ

Принимая дела Научного совета АН СССР по комплексной проблеме «Кибернетика», я нашел в архиве документ 28-летней давности, удивительно созвучный нашему времени. Это доклад академика Акселя Ивановича Берга Президиуму АН СССР «Основные вопросы кибернетики», сделанный 10 апреля 1959 г. Позвольте предложить читателю некоторые выдержки из этого замечательного документа.

«...Про кибернетику можно сказать, что ее методами человечество пользовалось всегда, но только не применяя этого термина, если можно так выразиться— бессознательно, подобно тому, как оно пользуется весьма давно речью при обмене информацией, причем в большинстве случаев люди говорят прозой, а некоторые этого не знают.

...Задачей кибернетики является повышение эффективности деятельности человека во всех случаях, когда ему необходимо осуществлять управление.

...Содержание кибернетики заключается в сборе, переработке и передаче информации с целью улучшения управления при достижении поставленной задачи.

Применительно к хозяйственной деятельности разница между плохим управлением, довольно обычным и часто встречающимся, но пока еще не караемым советскими законами, и управлением, построенным на научной, кибернетической основе и электронных машин, весьма велика. В первом случае управление происходит на основе неточной, неполной, недостаточной и всегда запаздывающей информации, с переработкой этой информации большим аппаратом и людьми, пользующимися техникой тысячелетней давности (простыми деревянными счетами). В этих условиях даже хорошие руководители поставлены в затруднительное положение, так как приходится принимать решения и давать распоряжения, т. е. управлять в значительной мере наугад или на основании опыта и привычек. При таком методе управления современная техника не может быть эффективно использована. Можно было бы привести множество опубликованных в печати примеров, иллюстрирующих сказанное, из которых видно, что часто в нашей стране несовершенные методы планирования, учета и управления находятся в противоречии и не соответствуют высоким темпам роста нашего социалистического народного хозяйства. Во втором случае, при разумном использовании методов и средств современной науки и техники, в частности на базе кибернетики, имеется возможность осуществлять управление взаимосвязанными процессами на основе точной, полной и своевременно поступающей достаточной (но не избыточной) информации.

...Особое внимание следует обратить на то, что теоретическая база кибернетики, находящейся все более широкое применение в самых разнообразных науках, между которыми казалось бы нет ничего общего, основывается на одних и тех же, общих для всех наук закономерностях. Примерами могут служить электронные управляющие машины, процессы в живом организме и экономические закономерности, лежащие в основе производственной и хозяйственной деятельности человека. Во всех случаях осуществляется сбор информации, ее переработка и выработка команд управления.

...XXI съезд нашей партии настаивает на совершенствовании руководством промышленности, чтобы «наиболее рационально использовать капиталовложения и материальные ресурсы». Там же было отмечено особенно большое значение вычислительной техники.

...Реорганизация управления промышленностью и строительством, произведенная два года тому назад, преследовала цель улучшения управления, сокращения раздутого управленческого аппарата, словом — повы-

шение эффективности работы всего управленческого аппарата государства.

...Вместо того, чтобы плестись в хвосте событий, боясь всего нового и прогрессивного из соображений «как бы чего-нибудь не вышло», следовало бы вспомнить заслуги русской и советской школы математиков и инженеров, своими замечательными трудами создавших базу для науки о общих принципах управления...: И. А. Вышнеградского, А. А. Ляпунова, А. А. Андропова, скончавшегося совсем молодым Б. В. Булгакова, а также многих их последователей, с большим успехом работающих в области теоретической и прикладной кибернетики, теории информации, общей теории связи, теории управления и регулирования, теории автоматизации, а также над разработкой и созданием современных электронных вычислительных машин.

...Мы имеем также многочисленные молодые кадры, отлично подготовленные для дальнейшего развития проблем кибернетики. Поэтому необходимо принять меры для укрепления советской школы кибернетики и повышения ее влияния на внедрение передовых методов управления в народном хозяйстве страны.»

Чем поучителен сегодня этот энергичный призыв? Прежде всего безошибочностью научного предвидения, при этом не в виде абстрактной и невверенной научной идеи, а с четким пониманием актуальности и необходимости методов кибернетики и машинной обработки информации в ускорении развития общества. То, что мы сейчас больше говорим об информатике нежели о кибернетике, имеет не большее значение, чем говорить о «самолете» нежели об «аэроплане», а если уж относиться к словам серьезно, то это тождество мысли подчеркивает роль кибернетики как материнской науки для информатики.

Надо, далее, сказать, что ясно выраженное А. И. Бергом понимание универсальности и общенаучной значимости идеи управления как процесса сбора, передачи и обработки информации стало отличительным свойством советской кибернетической школы, приведшей к созданию сети научных учреждений и коллективов, заложивших основы современных представлений об информатике. Нельзя не воздать должного научной дальновзорности и гражданской позиции А. И. Берга, А. А. Ляпунова, Б. Н. Петрова, В. М. Глушкова, к которым вполне применимы слова М. С. Горбачева, сказанные им недавно в Байконуре о славной когорте советских ученых, которые «опережали свое время по мыслям и взглядам, по-настоящему были первопроходцами научно-технической мысли».

Третий вывод состоит в том, что повторение 30-летнего витка спирали, связанного с «переходом» от кибернетики к информатике свидетельствует, однако, не только о неоспоримых научно-технических достижениях, но и о серьезных издержках. Еще до появления массовой вычислительной техники А. И. Берг предупредил, что приверженность к старым, интуитивным методам руководства и управления вступит в противоречие с требованиями высокими темпов общественного развития. То, что было в 1959 г. академической констатацией, стало сейчас в виде набравшего силу механизма торможения серьезным и глобальным фактором. И у нас уже нет не то что 28, но и 2 лет на то, чтобы позволить себе на следующем витке жить по-старому. Как сказал профессор Юрий Афанасьев, «резольционную энергию и надежды нашего народа нельзя класть в холодильник» в ожидании подходящего момента.

Возвращаясь к задачам нашего журнала, можно заключить, что нам надо больше показывать, как на деле работает ЭВМ, как она реально вносит положительные изменения в область применения.

А. П. Ершов

УДК 681.3—181.4

А. В. Бокарев, М. Ю. Гаморин, А. И. Кабанов

БИС АДАПТЕРА МАГИСТРАЛЕЙ СМ ЭВМ И МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА 60»

Для сопряжения магистрали микроЭВМ «Электроника МС 1201.01» («Электроника 60»), удовлетворяющей требованиям интерфейса МПИ [1, 2] с устройствами ряда СМ ЭВМ («Электроника 100/25», «Электроника 79»), имеющими интерфейс «Общая шина» [3], разработаны устройства сопряжения [4, 5], выполненные на микросхемах малой и средней интеграции. Для уменьшения габари-

тов и потребляемой мощности таких устройств предлагается БИС сопряжения К1801ВП1-054, выполненная в 42-выводном корпусе по N-МОП технологии. БИС формирует временные последовательности сигналов интерфейсов МПИ и ОШ при выполнении операций запись, чтение, чтение-модификация-запись, захват магистрали, передача вектора прерывания. Условное графическое обозначение БИС приведено на рис. 1. Функциональное назначение сигналов показано в таблице.

Микросхема включает в себя следующие блоки:

блок управления передачей информации (передачей адресов) между магистралями при выполнении операций обмена; при этом устройство, инициирующее передачу информации, может находиться как на магистрали МПИ, так и на магистрали ОШ;

блок формирования сигналов МПИ и ОШ при обмене данными между магистралями осуществляет управление передачей вектора прерывания из магистрали ОШ в МПИ и трансляцию разрешения прямого доступа из магистрали МПИ в ОШ;

блок синхронизации;

генератор тактовых импульсов.

Работа БИС в режимах чтение и запись с магистрали МПИ. В начале каждого адресного обмена установкой низкого уровня сигнала SYNC магистрали МПИ формируется два старших разряда адреса на выводах A16, A17 и низкий уровень сигналов OUT, BBSY магистрали ОШ, а также сигнал передачи адреса AC-S на магистраль ОШ.

Чтение в магистраль МПИ. Признаком чтения данных является низкий уровень сигнала DIN на входе БИС магистрали МПИ. Появление сигнала разрешает формирование высокого уровня сигналов приема данных DI, кода управления C0, C1 и разрешения запуска схем блока синхронизации с генератором тактовых импульсов для формирования временной задержки (150 нс) MIN сигнала MSYN относительно кода управления (C0, C1). Чтение продолжается до появления на выводе RPLY низкого уровня в магистрали МПИ в ответ на сигнал SSYN низкого уровня магистрали ОШ. Прием данных заканчивается установлением высокого уровня на выводе DIN, затем снятием сигналов MSYN, DI. Временная диаграмма работы БИС в режиме чтения в магистраль МПИ приведена на рис. 2, а.

Запись из магистрали МПИ. Признаком установки данных является низкий уровень на выводе DOUT магистрали МПИ. Сигнал DOUT формирует высокий уровень на выводе DO сигнала передачи данных на магистраль ОШ, а также низкий уровень C1 кода управления и высокий уровень C0, если на момент прихода сигнала DOUT на выводе WTBT установлен высокий уровень.

Одновременно сигналом DOUT запускается блок синхронизации для формирования временной задержки (150 нс) сигнала MSYN. Операция записи продолжается до появления на выводе RPLY низкого уровня в

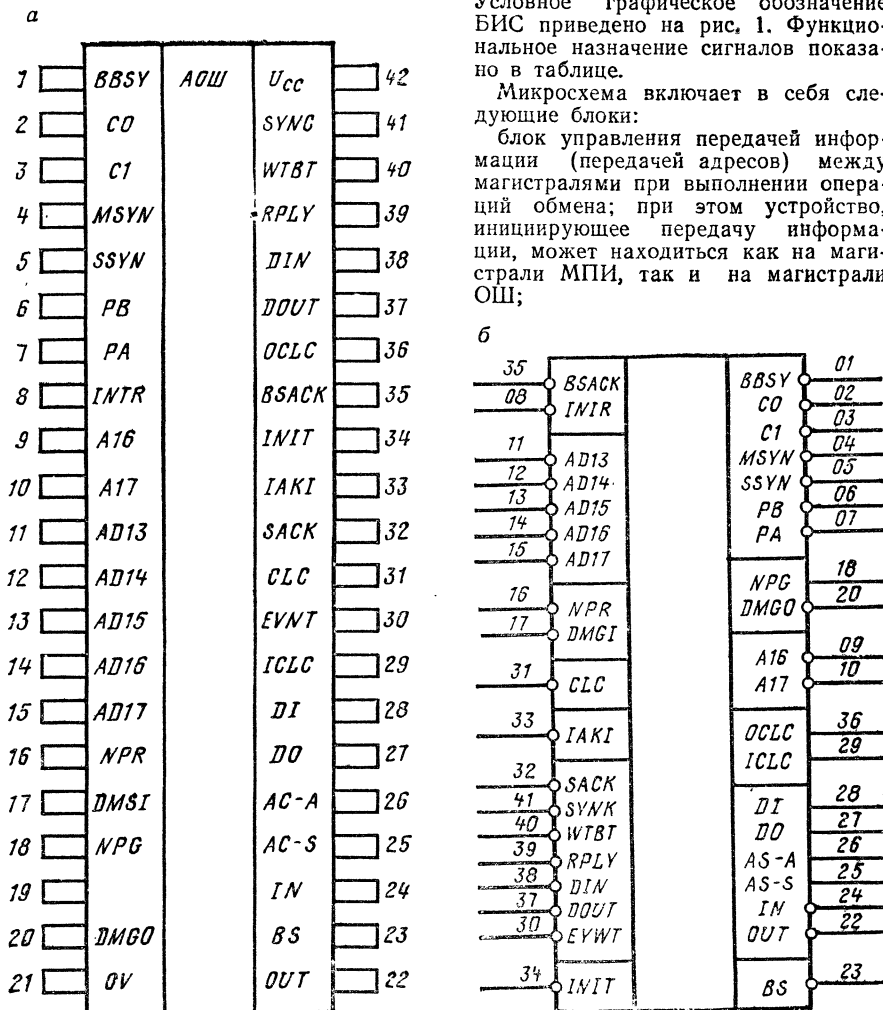
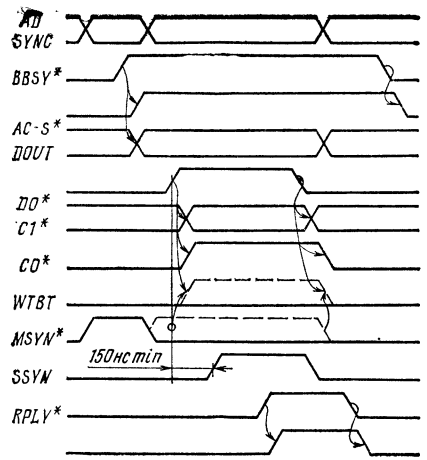


Рис. 1. Условное графическое обозначение БИС К1801ВП1-054:

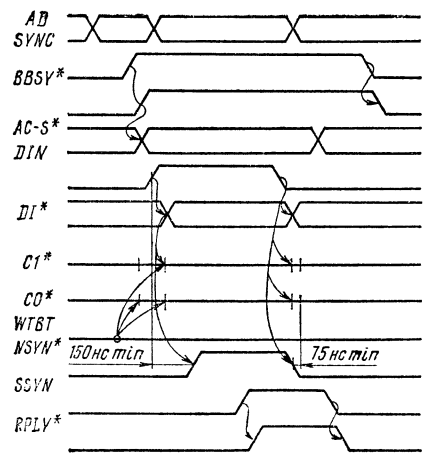
а) по порядку расположения выводов;
б) по функциональному назначению выводов

Таблица

Вывод	Обозначение	Назначение	Характеристика вывода	Уровень активного напряжения												
1	BBSY	Сигнал занятости магистралей ОШ Разряды кода операции обмена на магистрале ОШ	Вход-выход То же	Низкий То же												
2, 3	C0, C1															
<table border="1"> <thead> <tr> <th>C1</th> <th>C0</th> <th>Операция</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>Чтение слова</td> </tr> <tr> <td>0</td> <td>1</td> <td>Чтение слова с паузой</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>0</td> <td>Запись слова</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>Запись байта</td> </tr> </tbody> </table>					C1	C0	Операция	0	0	Чтение слова	0	1	Чтение слова с паузой	1	0	Запись слова
C1	C0	Операция														
0	0	Чтение слова														
0	1	Чтение слова с паузой														
1	0	Запись слова														
1	1	Запись байта														
4	MSYN	Сигнал синхронизации задатчика на магистрале ОШ	То же	То же												
5	SSYN	Сигнал синхронизации исполнителя на магистрале ОШ	То же	То же												
6, 7	PB, PA	Разряды кода признака ошибки при передаче данных по магистрале ОШ	То же	То же												
8	INTR	Сигнал разрешения прерывания	То же	То же												
9, 10	A16, A17	Разряды адреса магистралей ОШ	Выход	То же												
11...15	AD13...AD17	Разряды адреса-данных магистралей МПИ используются для формирования сигнала ВУ	Вход	То же												
16	NPR	Запрос прямого доступа от устройств магистралей ОШ	То же	То же												
17	DMGI	Разрешение захвата магистралей МПИ (приемник)	То же	То же												
18	NPG	Разрешение прямого доступа магистралей ОШ	Выход	Высокий												
20	DMGO	Разрешение захвата магистралей МПИ (источник)	То же	Низкий												
21	GND	Корпус	То же	То же												
22	OUT	Управление приемопередатчиками интерфейсных сигналов магистралей ОШ	То же	То же												
23	BS	Выбор внешних устройств на МПИ	То же	То же												
24	IN	Управление приемопередатчиками интерфейсных сигналов магистралей МПИ	То же	То же												
25	AC-S	Признак передачи адреса в магистраль ОШ	То же	Высокий												
26	AS-A	Признак приема адреса из магистралей ОШ	То же	То же												
27	DO	Признак передачи данных в магистраль ОШ	То же	То же												
28	DI	Признак приема данных из магистралей ОШ	То же	То же												
29	ICLC	Пуск тактового генератора	То же	То же												



а



б

Рис. 2. Временная диаграмма работы БИС в режимах:

а) чтение в магистраль МПИ; б) запись из магистралей МПИ (звездочкой обозначены сигналы микросхемы)

ответ на сигнал SSYN. Запись данных заканчивается установлением на выводе DOUT высокого уровня. Снятие сигнала DOUT устанавливает высокий уровень на выводе MSYN. Временная диаграмма работы БИС в режиме записи из магистралей МПИ приведена на рис. 2,б.

Для всех видов адресного обмена чтение-запись слова окончание текущего цикла обмена и переход к следующему циклу выполняются одинаково.

При получении сигнала RPLY устройство — инициатор обмена на магистрале МПИ заканчивает обмен, устанавливая высокий уровень на выводе SYNC. БИС в ответ на снятие сигнала SYNC устанавливает высокий уровень на выводах BBSY, OUT.

Работа БИС в режимах чтение и запись с магистралей ОШ. (Устройство — инициатор обмена в магистрале ОШ начинает обмен только после операции захвата магистралей МПИ.)

Выход	Обозначение	Назначение	Характеристика вывода	Уровень активного напряжения
30	EVNT	Ошибка при передаче данных по магистрали МПИ	Вход-выход	Низкий
31	CLC	Тактовая частота	Вход	То же
32	SACK	Подтверждение запроса при захвате магистрали МПИ	Вход-выход	То же
33	IAKI	Разрешение прерывания в магистраль ОШ	Вход	То же
34	INIT	Сброс магистрали МПИ	То же	То же
35	BSACK	Подтверждение выборки при захвате магистрали ОШ	То же	То же
36	OCIC	Тактовая частота	Выход	То же
37	DOUT	Запись данных на магистраль МПИ	Вход-выход	То же
38	DIN	Чтение данных на магистраль МПИ	То же	То же
39	RPLY	Ответ устройств магистраль МПИ	То же	То же
40	WTBT	Признак записи на магистраль МПИ	То же	То же
41	SYNC	Признак обмена на магистраль МПИ	То же	То же
42	U _{cc}	Питание 5 В		

Захват магистрали. Появление на выводе NPG высокого уровня сигнала разрешения прямого доступа магистрали ОШ осуществляется при наличии низкого уровня на выводе DMGI сигнала прямого доступа магистрали ОШ и низкого уровня на выводе DMGI сигнала разрешения прямого доступа МПИ.

Формируется низкий уровень сигнала SACK в ответ на сигналы BBSY, BSACK низкого уровня при наличии высоких уровней на выводах SYNC, DIN, RPLY и сигнал низкого уровня на выводе IN.

Временная диаграмма работы БИС в режиме захвата магистрали МПИ приведена на рис. 3.

Устройство, инициирующее обмен, после установки BBSY устанавлива-

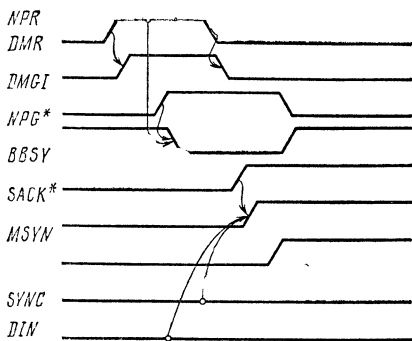


Рис. 3. Временная диаграмма работы БИС в режиме захвата магистрали МПИ

ет на выводах C0, C1 код управления. С приходом сигнала низкого уровня MSYN внутренней логикой дешифрируется код управления. Одновременно устанавливается высокий уровень сигнала передачи адреса AC-A на магистраль МПИ.

Если сигналы C0, C1 имеют высокий уровень (чтение в магистраль ОШ), то БИС формирует сигнал WTBT и через 250 нс MIN в ответ на сигнал MSYN-сигнал DIN. Временная диаграмма работы БИС в режиме чтения в магистраль ОШ приведена на рис. 4,а.

Если C0 — высокий уровень, а C1 — низкий уровень (запись из магистрали ОШ), то формируется сигнал WTBT низкого уровня на время передачи адреса, а через 350 нс MIN-сигнал DOUT в ответ на сигнал MSYN. Временная диаграмма работы БИС в режиме записи из магистрали ОШ приведена на рис. 4,б.

С приходом сигнала MSYN БИС формирует низкий уровень на выводе SYNC с временной задержкой 150 нс MIN. С поступлением низкого уровня сигнала RPLY БИС формирует временную задержку сигнала SSYN в среднем на 200—250 нс MIN в зависимости от кода управления. Временная задержка сигналов SYNC, DIN, DOUT, SSYN формируется с дискретностью частоты управляющего генератора.

Снятие сигнала MSYN приводит к снятию сигналов DIN или DOUT. Конец процесса обмена со стороны магистрали ОШ характеризуется уста-

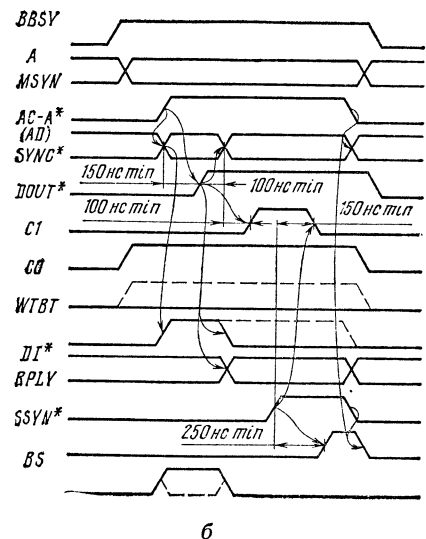
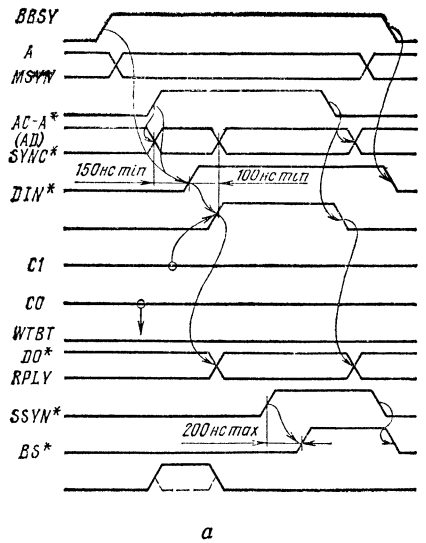


Рис. 4. Временная диаграмма работы БИС в режимах: а) чтение в магистраль ОШ; б) запись из магистрали ОШ

новлением высокого уровня на выводе BBSY. При снятии сигнала BBSY устанавливается высокий уровень на выводах SACK, SYNC, IN.

Передача вектора прерывания. Разрешением на прием вектора прерывания процессором является установка сигналов низкого уровня на выводах DIN, IAKI (сигнала разрешения прерывания). В ответ на сигнал IAKI с магистрали ОШ поступают сигналы низкого уровня BBSY, INTR. С приходом INTR БИС устанавливает сигналы RPLY низкого уровня и сигнал DI. Процессор снимает сигнал DIN, IAKI. БИС в ответ на установку высокого уровня на выводах DIN и IAKI устанавливает низкий уровень сигнала SSYN. Устройство — инициатор передачи вектора прерывания снимает сигнал INTR. В ответ БИС устанавливает

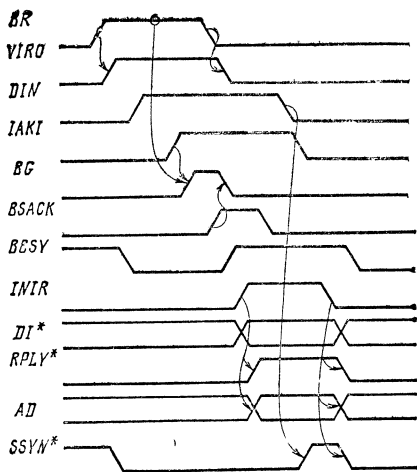


Рис. 5. Временная диаграмма работы БИС в режиме передачи вектора прерывания

высокие уровни на выводах RPLY, SSYN. Высокий уровень сигнала SSYN сбрасывает сигнал BBSY в магистрале ОШ. Временная диаграмма работы БИС в режиме передачи вектора прерывания приведена на рис. 5. Сигнал INIT используется в начальной установке системы или для установки исходного состояния в процессе ее работы.

Телефон для справок: 532-84-22, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

- ОСТ 11 305.903—80. Микропроцессорные средства вычислительной техники. Технические средства. Интерфейс межмодульный. Техническое описание.
- ГОСТ 26765.51—86. Интерфейс магистральный параллельный МПИ системы электронных модулей. Общие требования к совокупности правил обмена информацией.

- ОСТ 25 795—78. Система малых электронных вычислительных машин. Интерфейс «Общая шина».
- Лопатин Б. С., Юрочкин А. Г., Баранов Н. Д. Адаптер магистралей СМ ЭВМ и микроЭВМ «Электроника 60» // Микропроцессорные средства и системы.—1985.—№ 1.—С. 11—12.
- Системные средства сопряжения для микроЭВМ/В. С. Борисов, П. П. Куликов, А. А. Овдиенко и др. // Электронная промышленность.—1983.—№ 9.—С. 59—62.
- Микропроцессорные комплекты интегральных схем. Состав и структура/В. С. Борисов, А. А. Васенков, Б. М. Малашевич и др. // Под ред. А. А. Васенкова и В. А. Шахнова.—М.: Радио и связь, 1982.—192 с.

Статья поступила 29 января 1987 г.

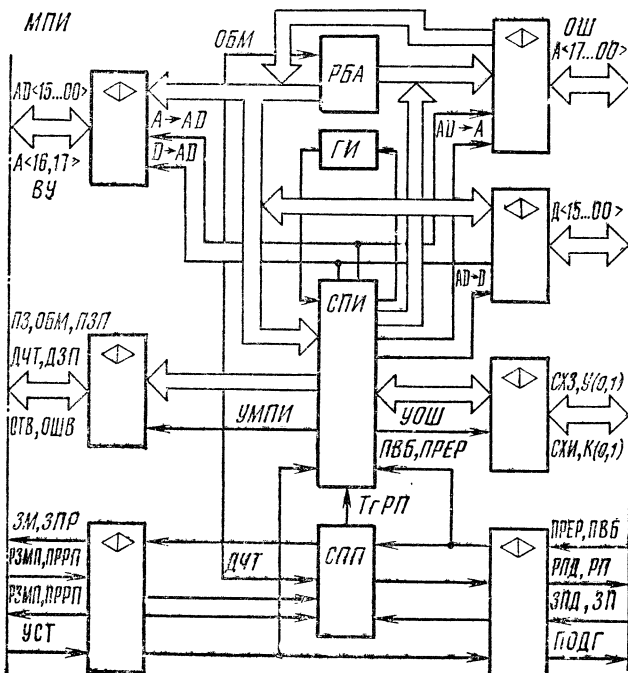
УДК 681.3—181.4

А. В. Бокарев, М. Ю. Гаморин, А. И. Кабанов

АДАПТЕР МАГИСТРАЛЕЙ МПИ — ОШ

Предназначен для аппаратного преобразования сигналов межмодульного параллельного интерфейса (МПИ) в интерфейс «Общая шина» (ОШ) и наоборот. При этом устройства магистралей МПИ и ОШ находятся в едином адресном пространстве.

Рекомендуется для применения в качестве модуля обмена данными между микроЭВМ «Электроника 60»



Структурная схема адаптера магистралей МПИ—ОШ

и устройствами с интерфейсом ОШ. Кроме того, адаптер может применяться для связи между мини-ЭВМ «Электроника 100/25», СМ-4 и устройствами с интерфейсом МПИ. Реализованы режимы программного обмена, прерывания программы и непосредственного доступа к памяти.

Схема преобразования сигналов интерфейса адаптера выполнена на БИС К1801ВП1-054, что позволило разместить его на типовой плате микроЭВМ «Электроника 60» размером 135×240×12 мм. Адаптер состоит из схемы преобразования интерфейсов (СПИ), буферного регистра адреса (РБА), схемы приоритета прерываний (СПП), двунаправленных усилителей, генератора тактовых импульсов (ГИ), переключателя выбора режима (ПВР) (см. рисунок).

Схема СПИ обеспечивает взаимное преобразование сигналов управления интерфейсов МПИ и ОШ, а также вырабатывает управляющие сигналы для других узлов адаптера. Конструктивно схема СПИ выполнена на микросхеме К1801ВП1-054. Регистр РБА хранит адрес на время обмена при передаче с магистрали МПИ на ОШ. Регистр РБА программно недоступен и выполнен на микросхеме К1801ВП-034.

Схема СПП обеспечивает взаимную передачу запросов и разрешений на прерывание между магистралями, а также трансляцию разрешения на прерывание в магистраль МПИ при отсутствии запросов на прерывание в магистрали ОШ.

Двунаправленные усилители предназначены для электрофизического сопряжения внутренних линий с магистралями МПИ и ОШ. В качестве приемопередатчиков сигналов используется усилитель-формирователь К531АП2П. Генератор ГИ синхронизирует работу всех узлов адаптера.

Переключатель ПВР устанавливает режим работы адаптера. Выбор режима в зависимости от установки процессора на магистрали МПИ или ОШ осуществляется переключателем ВДМ1-2 в состоянии соответственно «выкл» или «вкл». Ток, потребляемый адаптером, равен 2,5А.

Конструктивно адаптер выполнен на печатной плате, устанавливаемой в каркас микроЭВМ «Электроника 60» или ДВК «Электроника МС 0501». Для подключения магистрали ОШ на плате установлена вилка СНО 53-60/93-23-В. Питание адаптера осуществляется от блока питания напряжением 5 В.

Телефон для справок: 532-84-22, Москва.

Сообщение поступило 25 марта 1987 г.

УДК 681.3.06

Г. Р. Громов

ИГРОВАЯ КОМПОНЕНТА ПЕРСОНАЛЬНОЙ ЭВМ: СТИМУЛЯТОР ТВОРЧЕСТВА, ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ ПРИЕМ, ЖАНР КИНОИСКУССТВА*

«Для чего нужна песня!»

Игровые программы, как правило, были в комплекте программного обеспечения любой ЭВМ еще задолго до появления персональных ЭВМ (ПЭВМ). Однако, если «игровая начинка», например, настольных мини-ЭВМ, выпускаемых на рубеже 70-х годов, строилась по вполне разумному, с точки зрения больших «солидных» фирм, принципу: «Делу время — потехе час», — то архитектура первой массовой ПЭВМ, разработанной в 1976—1977 годах юными основателями фирмы «Apple», была подчинена принципиально новой концепции: «Работать, играя!» По мнению Р. Эйнсуорта — «творческого директора» одной из программно-технических фирм США: «Многое следует из того, что процессы написания программы, создания музыки и стихов сходны... Обычно компьютеры представляются либо как машины, либо как рабочие инструменты, идею же компьютера как инструмента творчества еще только предстоит осознать» [1].

Основное назначение так называемых «вводных» игровых программ ПЭВМ — пробудить у пользователя творческую активность в программировании, вызвать у него стремление понять, что это такое, чтобы начать затем самостоятельно создавать свои первые программные конструкции. Главное на этом этапе, подчеркивает Эйнсуорт, — избавить себя от вопроса: «Для чего это нужно?» Это все равно, что спрашивать: «Для чего нужна песня?» [1].

Чем объяснить, что игровая «закваска» смогла вызвать столь бурный рост областей применений и тиража ЭВМ? Вопрос этот возникает уже потому, что, как известно, в первый же год выпуска более половины всего тиража персональных ЭВМ было куплено не для досуга, как ожидали и разработчики и изготовители этих «хобби-ЭВМ», а для использования непосредственно в сфере основных профессиональных интересов их владельцев. Причем эта пропорция сбыта сохраняется и до настоящего времени. Означает ли это, что миллионы

профессионалов, занятых в различных сферах хозяйственного механизма промышленно развитых стран, сегодня выкладывают в среднем почти месячную зарплату только для того, чтобы играть в рабочее время в «космическую войну» или синтезировать мелодию модного шлягера?

Чтобы попытаться ответить на этот вопрос, сначала кратко отметим, что было известно к моменту появления ПЭВМ о влиянии игровой компоненты** на процессы обработки информации человеком. Хорошо известно стимулирующее влияние игровой компоненты на процессы обучения. Наиболее исследованы эти вопросы в школьном воспитании, где игровая компонента давно и общепризнанно является основной. Еще М. Монтень настаивал, что «игры детей — вовсе не игры и что правильное смотреть на них, как на самое значительное и глубокомысленное занятие этого возраста» [3].

Однако без особых обоснований, так сказать, «по умолчанию» принято было считать, что с возрастом влияние игровой компоненты слабеет. Поэтому, например, учеба в школе, а особенно в высшей школе, насколько это только оказывается возможно формально закрепить и соблюдать, бывает весьма далека от каких-либо игр (кроме, может быть, спортивных).

Между тем, как отмечал, например, Д. С. Лихачев: «Потеха и учение у Петра I все время объединялись вопреки древнерусской поговорке, их противопоставлявшей: «Ученью время — потехе час» [4].

Аналогичные противоречия имеют место и в производственной деятельности. С одной стороны: «Не серьезно!» — это одна из наиболее популярных отрицательных оценок по шкале порицания.

С другой — можно вспомнить, что высшей оценкой работы мастера всегда было: «Он работает, как играт!»; «Строит играючи»; «Топор у него в руках, как игрушка!» и т. д.

Персональный компьютер оказался первым индивидуальным инструментом, который позволил конструктивно преодолеть это традиционное противоречие, предоставил возможность

миллионам людей, занятым в информационной сфере народного хозяйства, перейти от вековой отупляющей рутины монотонного перемалывания информации (известно, что рутинная часть работы даже у людей творческих профессий отнимает большую часть общих трудозатрат), к игре с этими потоками информации. Ситуация качественно изменилась, когда оказалось возможным увидеть меняющуюся форму и цветовую гамму информационных потоков (например, подвижные цветные гистограммы вместо необозримых таблиц); услышать их «журчание» (смена тональных посылок, сопровождающая циклическую обработку данных, нередко позволяет на слух воспринимать и контролировать режимы обработки), а в ряде случаев и пускать в эти потоки «кораблики» (электронная почта).

Возможность «своими руками» синтезировать в цвете и музыке интуитивно возникающие образы информационных объектов, над которыми приходится выполнять сложные преобразования, позволяет, как правило, резко повысить эффективность индивидуального творческого процесса. Более того, часто выясняется, что сопровождающая работу по программированию информационных образов игровая компонента весьма растормаживает и активно стимулирует творческое воображение; создает предпосылки к отысканию новых нетрадиционных путей решения конкретной производственной задачи.

По мнению С. Джобса, основное назначение персонального компьютера заключается в том, чтобы освободить человека от гнета рутинной обработки информации, оставая ему, «...делать то, что он может делать лучше, чем любой из созданных им приборов: концептуально мыслить» [5].

Три класса игр с ЭВМ

Все существующее сегодня многообразие компьютерных игр можно условно разделить на три в значительной степени перекрывающихся класса: позиционные, динамичные и зрелищные.

Позиционные — это игры, в которых ЭВМ просто заменяет человеку партнера в традиционных, привычных ему средствах проведения досуга: шашки, шахматы и т. д. Сюда же,

* Статья представляет собой переработанный для журнала текст доклада, прочитанного автором 13 мая 1986 г. в Большом зале Политехнического музея на семинаре «Компьютерные игры».

** См. раздел: «Игровая компонента — первое функциональное отличие персональной ЭВМ» в книге [2, с. 124—127].

кроме того, относятся и более специфические игры, по условиям которых человеку предлагается, например, распределять за пультом ЭВМ государственный бюджет в «некотором королевстве», существующем во враждебном окружении, строить «стратегические планы» перемещения войск и т. д. Результаты введенных с пульта решений отражаются на экране в постепенно все более усложняющейся военной, экономической и «межгосударственной» обстановке. Исход игры: процветание и территориальный рост «алгоритмизованного королевства» или его разорение, падение захваченных врагом провинций, а затем и гибель метрополии, — определяется постепенно растущим искусством играющего в решении заданного типа многокритериальных задач.

Динамичные игры требуют от участника быстрой «моторной» реакции на изменяющуюся в кадре экрана обстановку, так как протекают в реальном масштабе времени. Сюда относятся большая часть известных видеоигр: от простейших компьютерных вариантов «пинг-понга», тира с движущимися по экрану мишенями, «посадки корабля на Луну» и т. д. до значительно более трудных в освоении приключенческих игр, в которых идет острая многофакторная борьба по быстро усложняющимся в ходе сеанса правилам. Например, это может быть борьба «на выживание» с темными силами, которых обычно изображают на экране «пришельцы из других миров», мифические монстры или какая-то иная «нечистая сила». Участник игры управляет, действуя, как правило, сразу несколькими клавишами пульта, поведением «самого» персонажа, который, повинувшись его командам, ловит противника, уклоняется от преследования, стреляет и т. д.

Наконец, третий класс видеоигр — **зрелищные**, иногда определяемый как диалоговый или «интерактивный» фильм, образуют различного типа занимательные киноистории, которые демонстрируются таким образом, чтобы в наиболее острых ситуациях зритель мог вмешаться и повлиять в точке «ветвления» сценария командой с пульта ЭВМ на дальнейшее развитие сюжета.

Игра с ЭВМ: прикладные аспекты

Важнейшая роль отводится сегодня компьютерным играм на многотрудном пути к всеобщей компьютерной грамотности. Именно игра оказывается тем «троянским конем», с помощью которого компьютеры проникают в наиболее «заповедные», недоступные ранее для вычислительной техники области профессиональных приложений. Начав с неудержимо захватывающей, увлекательной игры, специалисты, в том числе из наиболее далеких от «точных наук» областей приложений, исподволь, неза-

метно для самих себя осваивают принципы управления ЭВМ и ставят их затем себе на службу. Как показывает опыт, видеоигры позволяют наиболее безболезненным способом преодолевать психологический барьер долгие годы отделявший основную массу специалистов народного хозяйства от необходимых им ресурсов ЭВМ [2, 6, 7].

По мнению ведущих американских ученых, есть основания ожидать, что «компьютерные игры и процесс обучения с помощью компьютеров, постепенно сближаясь, видимо, скоро окажутся единым и нерасторжимым понятием» [8]. В качестве примера упоминалась при этом достаточно типичная игра под названием «Одиссея роботов», которая является одновременно интересным развлечением и достаточно серьезным учебным курсом. Игра формирует профессиональные навыки в области конструирования электронных схем. На экране ЭВМ разворачивается увлекательная борьба между маленьким гомункулусом, управляемым командами с пульта, и различного типа роботами, препятствующими или помогающими его передвижениям в лабиринте. Участники такой игры незаметно постигают основные принципы алгебры логики и азбуку ее схемной реализации. После нескольких сезонов за пультом участник компьютерной «Одиссеи» начинает самостоятельно конструировать на экране первые блок-схемы необходимых ему по сценарию игры «роботов-союзников». При этом «...то, что играющий обретает способность самостоятельно конструировать логические схемы, имеет, кроме прочего, важное психологическое значение. По мере того, как участник игры приобретает опыт, «переплавляя» схемы роботов-компаньонов, у него развивается чувство уверенности в своих силах, а уверенность — это лучшее противоядие от ощущения холодной неприступности, которое порой внушают нам компьютеры... Ощущение загадки, тающей в черном ящике, пропадает. Человек начинает чувствовать себя полным хозяином положения» [8].

Трудно переоценить значение компьютерных игр в деле профессиональной подготовки поколения трудящихся, которым в 90-х годах надо будет начинать свою трудовую деятельность в мире, насыщенном вычислительной техникой. Окажется ли это поколение достаточно подготовленным, чтобы раскрыть потенциал своей творческой фантазии за пультами ЭВМ — «станков второй промышленной революции», будет в значительной степени зависеть от того, получит ли они возможность еще в детской игре усвоить границы возможного и невозможного для мира ЭВМ. Мира, в котором больше нет привычных человеку с первого вздоха (а может быть, и ранее) по жиз-

ненному опыту (накапливаемому от соски, погремушки и песочницы до футбола, велосипеда, автомобиля, воздушного змея и самолета) физических ограничений; мира, в котором границы реальных возможностей человека впервые прямо прикосаются с границами его фантазии, но... действуют совершенно иные законы. Понять эти, не имеющие аналогов в окружающем нас мире законы взаимодействия физически несосязаемых информационных образов с реальными материальными объектами в детском возрасте на эмоциональном уровне быть может еще более важно, чем постигнуть их затем в регулярной учебе логикой рассудка.

В процессе эмоционального познания ребенком принципиально нового для человеческой эволюции мира — мира ЭВМ, ничто не в состоянии заменить ему личный опыт — опыт общения с ЭВМ. Причем общения без посредников — «один на один» с машиной. Никакие (даже самые лучшие) книжки и учебники ничего (!) не дадут, если нельзя будет непосредственно за первым же вопросом из занимательной книжки о компьютерах получить убедительный ответ на него за пультом ЭВМ. Немедленно, «пока не остыло тепло человеческой мысли», поверить свое недоумение: «Надо же! — не может быть?» — набором необходимой последовательности символов клавиатуры, чтобы затем, последив за ответной реакцией ЭВМ по тексту или «картинкам» на экране, с восторгом первооткрывателя выдохнуть: «Во, дает!» — и немедленно: «А если так?» и т. д. Только таким образом можно поджечь у ребенка «запал компьютерного творчества».

В целом же, как для детей, так и для взрослых, компьютерные игры представляют собой, по существу, тренажеры. От простейших по сложности игр, развивающих у детей первые навыки работы оператора за пультом системы управления на основе ЭВМ до сложных игровых комплексов, которые все более интенсивно внедряются в самые различные сферы профессиональной подготовки, в том числе, по сообщениям зарубежной печати, и в сферу военной подготовки.

Например, бригада американских специалистов по ЭВМ и программированию вместе с экспертами одной из кинофабрик Голливуда ведет работы над многомашинной игрой, имитирующей сражения танковых колонн против общего противника или между собой. В игре будут заняты сотни компьютеров, объединяемых в сеть. В ходе сеанса такой игры обучаемые военнотехнические разбиваются на экипажи танков, боевых машин пехоты и командных пунктов. Каждый из участников наблюдает за картиной «боя», результатами своих «действий» и «противодействий» ус-

ловного противника через индивидуальные экраны ЭВМ [9]. Для большей достоверности, по-видимому, может быть предусмотрена наряду с визуальной, также и звуковая передача результатов действий всех участников; вибрация и резкие толчки кресла оператора, соответствующие темпу «движения», рельефу пересечаемой местности, близким «взрывам» и т. д. Согласно данным первых испытаний такого типа систем достигается не только значительная экономия горючего и боеприпасов, но и, самое главное, сокращается время подготовки личного состава и освобождается ресурс техники, так как за рычаги управления реального танка садятся уже не «крайне опасные» новички, а сработавшие экипажи, которые предварительно «намотали» немало сотен километров форсированных маршей по сложным дорогам «компьютерного боя».

Навыки повседневной работы с «бесплотными информационными образами» за пультами, например, систем автоматизации проектирования (САПР), которые сегодня, как правило, с большим трудом удается формировать инженерам «от кульмана», воспитанным «листами и эпюрами» на кафедрах «начертательной геометрии и черчения», оказываются привычным, естественным способом творческого самовыражения для студентов поколения «компьютерных игр». В ряде стран поэтому абитуриент уже просто обязан предъявить в приемную комиссию высшего учебного заведения вместе с документами о среднем образовании и свой персональный компьютер, подобно тому как еще не так давно, каких-нибудь два-три столетия назад, предъявляли ученики своим наставникам грифельную доску.

Итак, стимулирующая творческий процесс игра с ЭВМ на работе и в учебе — это, видимо, понятно. Менее ясно влияние ЭВМ на мир искусства. При этом мы не имеем в виду, разумеется, популярные на заре кибернетики дискуссии о машинах, сочиняющих стихи и музыку. Такого рода или похожего типа профанация искусства с помощью машины или без нее — неизменный спутник всяких больших перемен в любую историческую эпоху. Вместе с тем известно, что каждое заметное техническое нововведение в области информационной технологии: книгопечатание, фото- и киноискусство, звукозапись, радиовещание и телевидение — неизменно порождали уже самим фактом своего существования новый «культурный слой» в искусстве.

Например, на глазах поколения людей, которых иногда называют сегодня «ровесниками века» шел процесс формирования исторически нового мощного «культурного слоя» человеческой цивилизации, вызванный изо-

бретениям в конце XIX века техники кино.

В течение первой половины XX века киноаппарат из механического приспособления превращается в средство художественной выразительности, в средство художественного преобразования объективной реальности и, более того, в способ художественного мышления. Он становится настолько утонченным в этом отношении инструментом, что позволяет проникать во внутренний мир человека. Кино не стало бы искусством, если бы в его аппараты и приборы не проросли нервные окончания художника. Не было бы великих фильмов Эйзенштейна, Вертова и других мастеров, без которых сегодня невозможно представить современную художественную культуру» [10].

Первым внешним симптомом начала широкого вторжения ЭВМ в мир человеческой культуры оказались компьютерные игры.

Диалоговый фильм

За последние годы появился промежуточный между традиционным кино и компьютерной игрой принципиально новый жанр видеоскусства — диалоговый «интерактивный» фильм («взаимодействующее кино»). Как правило, это остро сюжетный научно-фантастический или детективный фильм, предназначенный для демонстрации на видеомagneтфоне, управляемом ПЭВМ.

В ходе демонстрации интерактивного фильма зритель имеет возможность непосредственно вмешиваться в ход развития сюжета («взаимодействовать» с персонажами) с помощью соответствующих команд, подаваемых с пульта ПЭВМ. Чтобы обеспечить зрительно эту возможность, сюжет фильма ветвится на отдельные «подсценарии», которые переключаются командами с пульта* непосредственно в ходе сеанса, следуя реакции зрителя на происходящие события.

Из пассивного наблюдателя зритель превращается в «вершителя судеб» киногороев. Во время просмотра фильма за пультом ПЭВМ у него появляется стойкая иллюзия «реальной власти» над происходящими событиями. Впервые человек у экрана телевизора получает возможность непосредственно влиять на исход наблюдаемого зрелища: поединка, битвы, преследования; умыленно запутывать следы или, наоборот, активно помогать расследованию со-

* Микропроцессорные блоки для машинного распознавания речи позволяют зрителю, пользуясь небольшим «словарем-реплик», управлять развитием сюжета без традиционного пульта ЭВМ — устными приказами. При расширении словаря приказов, распознаваемых машиной, в недалеком будущем окажется возможным прямой речевой диалог с персонажами кино, вот почему этот только еще зарождающийся жанр киноискусства и получил общее название — диалоговое кино.

вершенного на его глазах преступления и т. д.

Власть над исходом зрелища для большинства зрителей всегда оставалась одной из наиболее трудно поддаваемых, постоянно всплывающих грез.

Знатная дама в цирке древнего Рима опускала палец подпоясанный над барьером ложи руки и... обрывалась жизнью поверженного гладиатора. Могла она, как утверждают, и оставаться на глазах возбужденной кровавым зрелищем толпы занесенный меч: «Пусть живет гладиатор...»

Вакханалии насилия, нередко устраиваемые болельщиками на стадионах, по существу, являются резко искаженными алкоголем и некоторыми другими провоцирующими факторами проявлениями той же реакции — желания активно влиять на исход происходящих на их глазах событий.

Потребность управлять ходом зрелища проявляется, быть может, наиболее заметно на дневных спектаклях в театрах, когда дети нетерпеливыми криками громко предупреждают героя об опасности, а нередко пытаются помочь ему и более активно (а значит и более болезненно для актеров), например с помощью предусмотрительно взятых на спектакль рогаatok.

Диалоговое кино впервые предоставляет каждому из миллионов зрителей психологически достоверный «предохранительный клапан» для безопасного выхода ранее сдерживаемых эмоций. Что именно произойдет в 8-й серии с 37-м по счету (от первых титров начала фильма) гвардейцем кардинала, определяется только положением пальца зрителя на пульте ПЭВМ: палец опускается на клавишу и... на белоснежной рубашке гвардейца медленно расплывается, постепенно занимая весь экран, быстро темнеющее вокруг серого лезвия клинка красное пятно. Но если палец опустился на соседнюю клавишу, то Д'Артаньян внезапно спотыкается и роковой, казалось, выпад смертоносной шпаги прославленного мушкетера на этот раз не достигает цели. Клинок со звоном ломается от прямого удара о стену, а спасенный гвардеец выпрыгивает в окно (на предусмотрительно оседланную для него в этом «подсценарии» лошадь).

При достаточной глубине ветвления сюжетных ходов сценария и, соответственно, гибкой «параметризации» поведения персонажей зритель получает возможность азартно экспериментировать от просмотра к просмотру с большим числом отдельных комбинаций и вариантов развития сюжета одного фильма по принципу «что будет, если...»

Однако для создателей кино это означает, что на смену, увы, и сегодня технически непросто «одномерному» монтажу существовавшего

до сих пор сюжетно «жесткого» кино идет еще более сложный, «многосмерный» монтаж динамически ветвящегося сценария «гибкого», сюжетно управляемого зрителем кино.

Чтобы всерьез попытаться начать процесс творческого освоения даже самого первого слоя из пока еще необозримых технических возможностей, которые представляет создателям фильмов (художественных, научно-популярных и др.) технология «взаимодействующего кино», требуется режиссер-новатор уровня С. Эйзенштейна. Технология создания и творческий потенциал активного диалогового кино отличается от известных сегодня средств пассивного кино заметно больше, чем «великий немой» начала столетия отличался от своего непосредственного предшественника — «волшебного фонаря» (проектора) и от тысячелетнего театра.

Если кинорежиссеры в отличие, например, от режиссера театрального требовались дополнительные знания не только выразительных возможностей нового жанра, но и элементов техники кино, то режиссеру «взаимодействующего кино» необходимо будет понимать технику создания диалоговых пакетов прикладных программ и многие другие разделы бурно развивающейся компьютерной технологии.

Видеоигра — новый инструмент манипулирования общественным сознанием

Поток компьютерных игр, буквально захлестнувший индустрию программного обеспечения ПЭВМ за рубежом, построен в основном на том же эмоциональном фоне, что и книжки — комиксы или «черные» видеокассеты. Основное здесь — культ насилия.

Особая опасность такого типа видеоигр состоит в том, что в отличие от разглядывания безжизненных картинок в комиксах или пассивного созерцания видеокассет с фильмами ужасов (или иными «кинстрастями») компьютерная игра непосредственно воздекает зрителя в активное действие. Участник игры стреляет, нажав на клавишу пульта ПЭВМ, и видит на экране трассу пули, снаряда или «луч смерти», а затем разрушительный взрыв. Он может «погибнуть» или «победить» преследующих его на экране монстров в зависимости от собственных возможностей (и даже в зависимости от физической или психологической формы в данный момент): быстроты реакции, понимания конкретной стратегии игры и общих законов мира «компьютерных грез».

«Мне было пять лет, — вспоминает известный мастер мультипликационных фильмов Ф. Хитрук, — когда я услышал сказку: «Жили лев и бык, дружили, появился шакал, рассорил их, они сошлись в бою и оба погибли». Через 60 лет я сделал мультфильм «Лев и Бык». Так запомнилась сказ-

ка, которую мне читали. Каково же воздействие мультипликации, которую ребенок видит? — задает вопрос Ф. Хитрук и уверенно отвечает: — Во сто крат сильнее!» [11].

Но каково же тогда воздействие зрелища нового типа — «компьютеризованного мультфильма» — компьютерной игры, которую ребенок уже не только видит, но и активно в ней участвует, буквально «входит», как входила Алиса в «Зазеркалье»? Нетрудно понять, что воздействие такой игры, по крайней мере, еще во сто крат сильнее! «Малыш из манежа не вылез, а уже смотрит телепередачи. Именно мультипликация, — подчеркивает Ф. Хитрук, — первая рассказывает ребенку о жизни, учит добру; с нее начинается мышление, с нее воспитание. И становление гражданина».

Становление гражданина... Со страниц массовой печати и профессиональных научно-технических изданий все чаще раздаются призывы к соблюдению нравственной «техники безопасности» при разработке компьютерных игр. Обеспокоенные появлением нового мощного инструмента манипулирования сознанием людей общественные и религиозные организации адресуют разработчикам средств вычислительной техники рекомендации соблюдать при создании компьютерных игр профессиональную сдержанность или хотя бы элементарные нормы гражданской ответственности.

Например, со страниц журнала «Коммуникэйшн оф Ай-Си-Эм» — ведущего за рубежом печатного органа профессиональных программистов — к читателям обратились участники ежегодного съезда одной из американских религиозных организаций — квакеров. Цель их обращения — привлечь внимание создателей компьютерных игр к растущей опасности, которую представляют для морального здоровья подрастающего поколения наиболее популярные сегодня в США видеоигры типа «Бей Эма!», «Съешь Эма!» и т. д., а также те компьютерные игры, в которых исподволь разжигаются самые темные, низменные инстинкты: насилия по отношению к женщине, к представителям этнических меньшинств и т. д.

По мнению авторов обращения, видеоигры, в которых участникам числятся победные очки за успех в совершении на экране акта насилия, морально готовят людей к таким поступкам в реальной жизни. «Мы призываем всех людей, профессионально работающих в области вычислительной техники и на ниве образования, настойчиво искать лишь те пути использования ЭВМ и компьютерных игр, которые помогали бы воспитанию у людей творческого начала в решении практических задач, развитию человеческого интеллекта, повышению благосостояния», — взы-

вают к своим согражданам квакеры, надеясь таким образом помешать проникновению торговцев «черными» играми в «храм образования» [12].

На фоне всех этих (и многих иных) громко произносимых и широко публикуемых доброжелательных проповедей удельный вес «черных» игр в общем объеме ежегодно продаваемых за рубежом пакетов игровых программ продолжает быстро увеличиваться...

Однако не только «черные игры» беспокоят сегодня преподавателей «компьютерной грамотности». Например, в Японии «...наблюдается поразительная тенденция изоляции печатных изданий от молодого поколения. Покупаются в основном лишь книги-игрушки с карикатурами и фокусами. На книги объемом более трети печатного листа уже почти не обращают внимания. Юноши стесняются, когда их видят читающими газеты» [13]. В то же время многие родители безнадежно пытаются понять своих малышей, которые «...еще не могут хорошо написать пустячное поздравление, однако по два-три часа в день невозмутимо стучат по клавишам домашних ЭВМ» [13].

Заключение

Машины для «активного зрелища»: компьютерные игры и взаимодействующее кино — еще далеко не раскрыли и первого слоя своих возможностей в качестве наиболее мощного из всех до сих пор известных массовых средств воздействия на эмоциональную сферу и умонастроения миллионов людей.

Разносторонне полезные в качестве эффективных стимуляторов творческой активности во всех без исключения сферах человеческой деятельности и одновременно крайне социально опасные при бесконтрольном использовании возможности этого исторически нового и, видимо, наиболее мощного инструмента формирования стереотипов человеческого поведения требуют пристального внимания научной общественности и все более углубленного профессионального исследования.

Адрес для справок: 142292, г. Пушкино Моск. обл., НИИЦ АН СССР.

ЛИТЕРАТУРА

1. Программы приобретают популярность // Электроника. — 1981. — № 2. — С. 81.
2. Громов Г. Р. Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации. — М.: Наука, 1986. — 237 с.
3. Монтень М. Опыты. — М.: Наука, 1980. — Т. I, II. — С. 103.
4. Личаев Д. С. Поэзия садов. — Л.: Наука, 1982.
5. Jobs S. When we invented the personal computer // Comput. and People. — 1981. — Vol. 36. — N 718. — P. 8, 11, 22.
6. Лысенко Е. Е. Компьютерная игра с точки зрения психолога //

ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ*

Компьютерные игры (КИ) заняли прочное место в программном обеспечении ЭВМ. В западных странах это уже целая индустрия. У нас в стране КИ планируются как основной компонент программного обеспечения (ПО) для бытовых компьютеров. В производственной сфере КИ будут использоваться в качестве обучающих тренажеров, а также как одно из средств психологической разгрузки персонала. Важное место займут игры и в обучении (одна из форм компьютерных обучающих программ). В психологии КИ используются в качестве диагностических и тренинговых методик. Сами по себе КИ как предмет использования в других областях человеческой деятельности и как новое явление культуры становятся объектом изучения психологии.

Проводим анализ структуры типичной компьютерной игры с точки зрения ее внутреннего устройства и функционирования во время игрового взаимодействия. Результат такого анализа, возможно, поможет приблизиться к пониманию законов создания КИ, а также оценивать и классифицировать их.

Понятие игры и игровой деятельности вообще слишком широко, чтобы провести сколько-нибудь содержательный анализ. Поэтому ограничим наше рассмотрение компьютерными играми реального времени на персональной ЭВМ (ПЭВМ) для одного играющего без применения специального оборудования (дополнительных клавиатур, «мышек», «джойстиков» и пр.).

Игра такого рода с точки зрения играющего представляет собой определенную задачу — в ней имеются условия, цель и средства ее достижения. Решение задачи — процесс, управляемый играющим в реальном времени по установленным правилам. Течение процесса оценивается по установленному критерию.

Выделим в КИ три функциональные компоненты: игровую среду (ИС), взаимодействие с играющим и оценку игровой ситуации. При очевидной связи и взаимозависимости их можно рассматривать как самостоятельные.

Игровая среда — это совокупность всех объектов и связей в игре и законов их изменения. Другими словами, ИС — это основа, «мир», в котором развивается игровое действие. Так, в шахматах игровой средой будет совокупность, в которую входят: доска, два набора фигур, правила перемещения фигур по доске, а также правила взятия (и превращения) фигур. В популярной КИ «Посадка на Луну» игровой средой будет вектор, описывающий параметры «сажаемого на Луну корабля» (массу, запас топлива, высоту, скорость), а также некоторое уравнение, связывающее эти параметры. Для распространенной КИ «Растап» ИС — это лабиринт, в котором передвигаются персонажи: один, управляемый играющим, и несколько «врагов», управляемых программой.

Взаимодействие с играющим — это совокупность средств, предоставляемых играющему для изменения игровой среды, т. е. для действий и изменений в ИС, которые происходят, когда играющий нажимает определенные клавиши дисплея. Заметим, что игры реального времени от игр-головоломок отличаются именно этой компонентой: в играх реального времени период времени между нажатиями существенно влияет на ход игры.

Оценка игровой ситуации — это соотношение и условия, которые определяют задачу для играющего в данной игре. Сюда включается система очков и штрафов за игровые действия, описание начальной и конечной игровой ситуации.

Из перечисленных компонент важнейшая, безусловно, — это игровая среда. Если она найдена удачно, то, изменяя другие компоненты, можно создать вариант игры с теми или иными свойствами (темпом, сложностью).

После разработки игры на функциональном уровне (когда создана ИС, определены средства взаимодействия с играющим и намечена система оценок) начинается этап разработки компьютерной программы, реализующей данную игру.

Игровая программа состоит, как правило, из двух частей: первая реализует внутреннюю (логическую) структуру КИ, т. е. отображение игры в системе машинных данных и алгоритмов, вторая — отображает процесс игры на экране терминала для играющего. Хотя вторая часть, определяющая форму протекания игры, связана больше с эстетическими и эргономическими критериями и не является, на наш взгляд, основной при создании новой игры, ей в настоящее время придется огромное значение. В зарубежных КИ эксплуатируется довольно небольшое количество идей, реализованных с незначительными модификациями в правилах, но в огромном множестве внешних форм. В смысле программирования изобразительная сторона игры — значительно более трудоемкая часть, нежели логическая. Тем не менее основу игровой программы составляет ее логическая структура.

Подвляющая большинство КИ рассматриваемого нами типа имеет более или менее сходную логическую структуру. Выделим в ней три иерархических уровня (плана) — оперативный, тактический и стратегический. Эти уровни находят, как правило, адекватное представление в структуре компьютерной программы.

Оперативный план — это совокупность действий внутри программы между двумя возможными воздействиями играющего. Это, как правило, передвижение на один шаг всех движущихся персонажей, элементарные изменения игровых ресурсов (времени игры и др.). В оперативный план входит также вопрос, было ли воздействие играющего и, если было, соответствующая реакция на него. Все изменения ИС за данный шаг обязательно отображаются на экране терминала.

Этот план наиболее тесно связан с компонентой КИ, которую мы назвали взаимодействием с играющим.

Разработка этого плана — наиболее критическое место (ограничения реального времени чувствуются сильнее всего). Поэтому разработчики стремятся к тому, чтобы совокупность изменений ИС на этом уровне была минимальной. Тогда можно иметь достаточный темп игры и уделить большее внимание изобразительной части.

Тактический план — это совокупность игровых

* Статья представляет собой переработанный для журнала текст доклада, прочитанного автором 13 мая 1986 г. в Большом зале Политехнического музея на семинаре «Компьютерные игры».

Микропроцессорные средства и системы. — 1985. — № 3. — С. 15.
7. Кочетков Г. Б. Компьютерные игры: свет и тени // Там же. — С. 16—20.
8. Дюдюди А. К. Путешествие с роботами в Роботрополе и овладение навыками конструирования

электронных микросхем // В мире науки. — 1985. — № 9. — С. 94—99.
9. Видеоигры для имитации поля боя // Электроника. — 1985. — № 6. — С. 17—19.
10. Богомоллов Ю. Остальное дело техники? // Советская культура

ра. — 1987. — 17 февраля.
11. Литературная газета. — 1985. — № 35. — С. 8.
12. Communication of ACM. — 1984. — May. — P. 411.
13. Нандзэ М. Тенденции развития персональных ЭВМ // Computer Report. — 1984. — N 2. — С. 18—21.

действий, ведущих к достижению какой-либо локальной цели. Это наименее четко выделяемый уровень в структуре КИ. Хотя в некоторых играх он может вообще отсутствовать, для большинства КИ характерна следующая ситуация. Играющий действиями на оперативном уровне достигает в игре некоторого кульминационного положения, в результате чего он получает ощутимый выигрыш (или проигрыш). После этого в ИС происходят значительные изменения и начинается новый «тур». Так, в играх со стрельбой играющий, передвигая «пушку» (или цель), прицеливается, а затем «стреляет» (нажимая клавишу, служащую спусковым крючком), после чего фиксируется попадание (или промах) и появляется новая цель.

Часть программы, реализующая подобный тур, и является тактическим уровнем игры. Тактический план, естественно, включает в себя оперативный план, но имеет и собственную часть. В ней, как правило, более детально оценивается игровая ситуация и более значительно изменяется ИС (соответственно меняется экспозиция на экране). Это придает игре своеобразный ритм. Для игр с переменной сложностью — таких, в которых задача для играющего усложняется по мере роста его совершенствования в игре — сложность очередного тура выбирается именно в тактическом плане.

Тактический план игры лучше всего можно соотнести с компонентой, которую мы назвали оценкой игровой ситуации.

Стратегический план — это совокупность действий по созданию и поддержке ИС. Сюда входит тактический план, а также некоторые собственные действия, а именно: инициализация всех объектов и параметров, участвующих в игре; генерация основной игровой экспозиции; отслеживание критерия окончания игры; фиксация результатов игры.

Поскольку именно на стратегическом уровне определяются объекты и связи игры, то он лучше всего соотносится с компонентой КИ, которую мы назвали игровой средой. Эта часть программы наиболее разнообразна в разных играх, именно в ней проявляется вся изобретательность и оригинальность разработчика.

Исходя из проведенного анализа структуры КИ реального времени можно предложить обобщенную схему программы для реализации таких игр. Воспользуемся нотацией языка Паскаль и наметим состав головной программы КИ рассматриваемого типа (см. рисунок). Содержание вызываемых процедур определяется, собственно, конкретными правилами.

В процедуре Initialize_All инициализируются все элементы и параметры ИС, не подлежащие изменению в ходе игры. Как правило, такие действия необходимы, так как не все языки программирования позволяют иметь константы или инициализировать переменные определенной структурной сложности.

В процедуре Draw_Poster на экране пишутся название игры, имена авторов и другая справочная информация.

Логическая функция Help_Needed задает играющему вопрос, знаком ли он с правилами игры? Если нет, то процедура Write_Help_Text выдает на экран терминала сведения о том, как пользоваться игрой.

Цикл REPEAT—UNTIL реализует стратегический план игры.

В процедуре Define_Players_Level у играющего уточняется уровень сложности, на котором он хотел бы играть, и устанавливаются соответствующие параметры. В зависимости от них в процедуре Initialize_Game устанавливаются начальные значения для переменных ИС, изменяющихся в ходе игры.

Внутри цикла WHILE Not_End_of_Game DO BEGIN...END реализуется тактический план игры. О нем — ниже.

Стратегический уровень заканчивается вызовами двух процедур: Give_Mark дает дифференцированную оценку проведенной игре; Save_Result служит для запоми-

```

BEGIN ( Main )
  Initialize_All;
  Draw_Poster;
  IF Help_Needed
    THEN Write_Help_Text;
    { ***** Strategic level ***** }
  REPEAT
    Define_Players_Level;
    Initialize_Game;
    WHILE Not_End_Of_Game DO
      { ***** Tactic level ***** }
    BEGIN
      Initialize_MicroGame
        (Level_Of_Player,Current_Result);
      WHILE Not_End_Of_MicroGame DO
        { ***** Operating level ***** }
      BEGIN
        Step;
        Ask_Management;
        Delay(Current_delay);
      END;
      { ----- Operating level ----- }
      Change_Score;
    END;
    { ----- Tactic level ----- }
    Give_Mark;
    Save_Result;
  UNTIL Once_More;
  { ----- Strategic level ----- }
END. ( Main )

```

пания результата игры в таблице рекордов. После окончания цикла логическая функция Once_More спрашивает играющего, хочет ли он сыграть еще.

Тактический план построен аналогично стратегическому. В начале в процедуре Initialize_Micro_Game генерируется очередная игровая ситуация. (Мы изобразили эту процедуру с параметрами, характеризующими квалификацию играющего и достигнутые результаты с тем, чтобы подчеркнуть, что в принципе сложность очередной тактической задачи может зависеть от этих факторов.)

Далее следует цикл, реализующий оперативный план. Последняя процедура тактического плана — Change_Score — служит для подведения результатов для очередной локальной ситуации в игре.

Управление циклом тактического плана осуществляется логической функцией Not_End_of_Game, в которой проверяются все условия окончания игры. В некоторых случаях это может быть простая логическая переменная.

Оперативный план — самый внутренний цикл в схеме. Им управляет, как и в случае тактического плана, логическая функция Not_End_of_Micro_Game, которая проверяет условия перехода к следующей игровой ситуации. Чаще — это логическая переменная или проверка какого-то условия.

Процедура Step производит все локальные изменения ИС за один шаг.

Процедура Ask — Management проверяет, было ли в течение данного цикла управляющее воздействие и (если было) внесение соответствующих изменений в ход игры.

Delay — процедура, реализующая задержку для создания приемлемого темпа игры. Она приведена здесь с параметром, чтобы подчеркнуть, что для воссоздания равномерного темпа игры величина задержки может меняться. Чаще всего она изменяется в процедуре Ask — Management, поскольку времена реакции на различные воздействия могут заметно отличаться.

В заключение описания данной схемы заметим, что она не претендует на оптимальность реализации и полный охват всех возможных структур игр. Однако на

логическом уровне большинство КИ реального времени могут быть сведены к подобной схеме.

Подобное рассмотрение структуры КИ дает возможность классифицировать игры и целенаправленно изменять их в процессе разработки, соотносясь с той или иной потребностью, ради которой пишется игра.

Каждый из рассмотренных планов игры можно соотносить с определенным характером деятельности в игре, так как от играющего требуется тренированность различных психологических качеств.

Так, оперативный план ближе к психофизиологическим реакциям (ощущениям и психомоторике) для успешных действий на оперативном уровне требуется концентрация внимания, быстрая реакция, психомоторная координация.

Тактический план относится к более высоким уровням психической деятельности. Для успешных тактических действий нужны эмоциональная устойчивость, зрительная память, адекватное восприятие и осознание ситуации, умение быстро принимать решение.

Стратегический план относится преимущественно к интеллектуальной деятельности. Здесь играющему необходимы те качества, которые позволяют решать задачи: воображение, логическое и комбинаторное мышление и др.

Поэтому психологическая характеристика игры (а тем самым и класс ее адресатов) может быть определена из того, как распределена нагрузка игры по трем уровням и как оцениваются действия на каждом из них.

Если на стратегическом уровне ставится тривиальная задача, каждая новая ситуация в тактическом плане проста, то для того, чтобы игра представляла хоть какой-то интерес, вся нагрузка приходится на оперативный уровень. При этом получаются очень динамичные игры, протекающие за короткое время с большим эмоциональным напряжением. Это наиболее любимые игры для детей младшего и среднего школьного возраста. Есть смысл назвать их «автоматными играми», поскольку по содержанию и характеристикам они ничем не отличаются от игр игровых автоматов.

Игры с примитивной стратегической задачей, но большим разнообразием ситуаций, персонажей, препятствий и целей (с нагруженным тактическим планом) — наиболее популярный и захватывающий класс игр. Их можно назвать «ситуативными» или «авантюриными». Такие игры бывают содержательно интересны для играющего только на этапе освоения игры. Затем, когда успешные реакции на типичные ситуации закрепляются, центр нагрузки у играющего перемещается в оперативный план, и если играющий продолжает играть в данную игру, то не столько ради процесса игры, сколько ради достижения высокого результата.

Игры со сложной задачей на стратегическом уровне, как правило, протекают в низком темпе (оперативный план сводится, по существу, к ограничению времени на обдумывание очередного хода) и чаще имеют обедненный тактический план. Иногда тактический план в таких играх не выделен, сливаясь со стратегическим. Эти игры есть смысл назвать «компьютерными головоломками». Обычно это скучноватые игры, не пользующиеся широкой популярностью.

Лучшими, на наш взгляд, получаются игры, в которых все три плана нагружены равномерно. Если игровая среда, для которой возможно подобное распределение нагрузки, получается, то это большая (и редкая!) удача разработчика. Такая среда, как правило, бывает достаточно богатой и позволяет поставить внутри себя большое разнообразие задач, а значит создать много вариантов игры и распределить их по уровням сложности. Поэтому интерес к игре может быть поддержан достаточно долго. Подобные игры имеют еще то преимущество, что недостаточная тренированность на одном из уровней может быть скомпенсирована на другом, и игра бывает интересна для широкого круга играющих.

Заметим, что такие «сбалансированные» игры часто обладают тренировочным эффектом, поскольку недостаток того или иного качества не мешает играющему получать средние результаты за счет наличия других, и тем самым не отвращает его от игры. Стремление же получить лучший результат — стимул тренировки всех необходимых качеств.

Адрес для справок: 117333, Москва, ул. Вавилова, 40, ВЦ АН СССР.

Статья поступила 20 сентября 1986 г.

УДК 681.322.1

Г. Б. Кочетков

НУЖЕН ЛИ КОМПЬЮТЕР ДОМА?

Появление персональных компьютеров с самого начала было связано с лозунгом «компьютер в каждый дом». Насколько он реален и нужно ли ставить такую задачу в процессе компьютеризации народного хозяйства? Это вопрос стратегии научно-технического развития большой группы отраслей народного хозяйства. От его решения зависит, например, будет ли вычислительная техника считаться товаром широкого потребления или сохранит за собой статус средств производства. Это, в свою очередь, влечет за собой существенные различия в организации управления как производством средств информатики и вычислительной техники, так и их распределением и использованием. Поэтому вопрос, вынесенный в заголовок статьи, имеет принципиальное стратегическое значение.

Удовлетворение общественных потребностей — конечная цель любых нововведений. И для того, чтобы в наиболее полной мере ответить на вопрос о целесообразности производства бытовых компьютеров, нужно прежде всего решить — существует ли в нашем быту соответствующая потребность, возможно ли ее формирование в будущем, какая роль может быть отведена ей в общей структуре потребностей общества.

Сразу отметим, что существуют различные точки зрения на эту проблему. Одна из них наиболее популярна у представителей планирующих органов, среди хозяйственных руководителей отраслей, производящих ЭВМ, а также среди части специалистов по вычислительной технике. Ее представители заявляют, что идея персональных компьютеров заимствована за рубежом и в целом не соответствует нашим условиям. В капиталистических странах наибольшие надежды на развитие индустрии домашних компьютеров возлагают различные финансовые органы (банки, страховые компании, налоговые ведомства, кредитные бюро и т. п.). Граждане же нашей страны не ведут интенсивных финансовых расчетов, и потому им домашний компьютер принесет мало пользы. Тем более, что в быту основные виды деятельности человека не связаны с информационными процессами: он ест, пьет, спит, развлекается, т. е. восстанавливает свои силы для последующего труда. И потому предлагается упор делать на так называемые профессиональные компьютеры, с помощью которых на производстве автоматизируется труд ученых, инженеров, руководителей и конторских работников.

Среди же экономистов, занимающихся анализом изменений уровня жизни населения, приобретает популярность идея о том, что домашний компьютер должен в перспективе стать двигателем потребительского спроса, поскольку его приобретение в личном пользовании тянет за собой длинный шлейф разнообразных сопутствующих товаров и услуг — пакетов прикладных программ, периферийного оборудования, гибких дисков, технического обслуживания, специальных видов связи и т. п. Интересно в этой связи отметить, что первые персональные ЭВМ предназначались именно для использования в домашних условиях энтузиастами ком-

пьютеризации, горящими страстным желанием иметь свой, личный компьютер. Только после того, как новинка получила признание на этом специфическом рынке потребительских товаров, к ней стали проявлять интерес хозяйственные организации, начался этап профессионального использования персональных компьютеров.

Существует также точка зрения, сторонники которой подчеркивают общее усиление роли информационных процессов в экономическом и социально-политическом развитии общества. Персональные же компьютеры как на производстве, так и в домашних условиях представляются наиболее подходящим видом оборудования для работы с информацией. Необходимо стремиться к «полной автоматизации информатизации общества», утверждают они. Для этого, по оценкам академика А. П. Ершова, нужно, чтобы каждый работающий член общества имел в своем распоряжении 1—2 персональных вычислителя. Он считает, что уже в предвидимой перспективе народное хозяйство должно располагать 50 млн. профессиональных и 200 млн. домашних персональных компьютеров [1, с. 11].

Общественное мнение в США и Японии, население которых уже располагает значительным количеством бытовых компьютеров, в последние годы значительно колебалось между отрицательным и положительным ответом на поставленный в заголовке статьи вопрос. В конце 70-х — начале 80-х годов, когда количество персональных компьютеров стремительно росло, в различных странах появилось много спекуляций по этому поводу, в которых предсказывалось, что уже к середине 80-х годов домашний компьютер будет управлять всей имеющейся в доме техникой по заранее составленным программам, станет вести контроль доходов и расходов семей и отдельных их членов, возьмет на себя роль репетитора и т. п. Уже сейчас очевидно, что, по крайней мере, в течение текущего десятилетия эти прогнозы не оправдываются. Оказалось, что пока нет никакой необходимости управлять бытовой техникой из единого центра, а домашние расходы проще контролировать, пользуясь традиционными методами с помощью авторучки и листа бумаги. Роль компьютера в быту в середине 80-х годов для многих стала выглядеть даже более неопределенно, чем в начале десятилетия. «До сих пор покупка домашнего компьютера является авантюрой, — признает Дж. Кейз, американский публицист, автор книги «Цифровое будущее: бум персональных компьютеров — почему он произошел и что означает» [2, с. 14]. Он сравнивает этот шаг со вступлением первопроходцев на неизведанную территорию, жители которой говорят на непонятном языке и карты которой еще не составлены. Сегодня приобретение ЭВМ связано с необходимостью затрат средств и времени, а ожидаемые результаты пока весьма неопределенны. Большинство рядовых потребителей по-прежнему не представляют себе, зачем нужен компьютер дома. Проведенные в США и Японии обследования показали, что еще 2—3 года назад домашние компьютеры покупались для развлечения (компьютерные игры), для удовлетворения требований школьной или вузовской программы (некоторые школы и колледжи в этих странах требуют, чтобы учащиеся обязательно имели компьютеры), а также под влиянием моды или из соображений престижа («Сосед купил, а я чем хуже?»).

Неудивительно, что в начале 1985 г. во многих капиталистических странах наблюдался резкий спад в объемах продаж компьютеров для применения в домашних условиях. Потребитель оказался в растерянности. Пик моды на «компьютер у камина» прошел, и выяснилось, что большинство тех, кто купил новую информационную технику, не знают, что же с ней делать. По данным одной из японских фирм-производителей электроники, нацеливавшейся в тот период на рынки США, только один из шести американцев, проявивших интерес к домашнему компьютеру, выражал намерение в

будущем приобрести его. А по другим данным, четверть уже купленных домашних компьютеров хранилась в шкафах и чуланах и не использовалась вовсе [2, с. 138, 139].

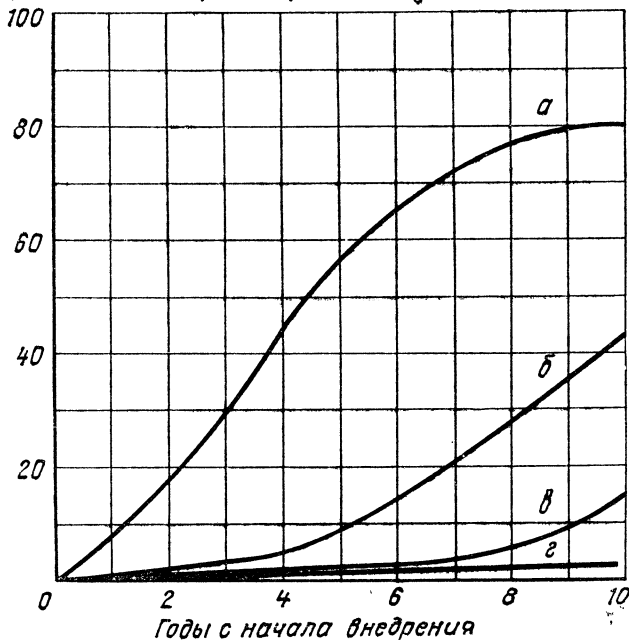
Даже многие производители персональной вычислительной техники разделяли общее недоумение по поводу домашних компьютеров. Например, глава отделения фирмы ИБМ по производству ЭВМ Ф. Эстридж прямо заявил, что ему компьютер дома не нужен [Там же]. Но тем не менее в 1984 г. его отделение выпустило младшую модель своей серии «Персональных компьютеров ИБМ», предназначавшуюся для дома.

Определение областей использования компьютеров в быту до сих пор остается одной из серьезнейших проблем. Ее решение вплотную связано с вопросом, что же такое персональный компьютер. Представление о том, что такое современная ЭВМ сегодня, значительно отличается от того, которое существовало в начале «компьютерной эры» и даже в 60-х или 70-х годах. Создатели ЭВМ предназначали свое изобретение в основном для выполнения сложных расчетов или громоздких рутинных вычислений. Уже в 70-е годы было общепризнано, что главная задача ЭВМ — это не вычисления, а управление процессами сбора, переработки, хранения и распределения данных. Персональные же компьютеры привели к тому, что и это представление об ЭВМ устарело. Среди специалистов за рубежом складывается твердое убеждение, что персональные компьютеры — это принципиально новый вид техники, который имеет свое собственное предназначение, удовлетворяет вполне определенные общественные потребности. Так же, как легковой автомобиль отличается от грузовика или локомотива, так и персональный компьютер отличается от ЭВМ общего назначения. Но пока представление о спектре общественных потребностей, который может быть удовлетворен с помощью домашних компьютеров, остается достаточно расплывчатым. Оно находится на стадии формирования.

Процесс определения новых общественных потребностей, соответствующих возможностям вычислительной техники, развивается в двух направлениях. С одной стороны, общество подстраивается под существующую технику, что находит выражение в краткосрочном плане в изменении структуры видов общественной деятельности, распределении рабочего и свободного времени, а в долгосрочном плане приводит к формированию новых ценностных ориентаций и установок, социальных ролей и т. п. С другой стороны, общество вырабатывает определенные требования к новым видам техники, формирует социальный заказ на нее. Например, применение компьютера в быту предъявляет высокие требования к качеству интерфейса «человек — система». Если диалог с системой идет медленно, последняя имеет нецветной дисплей с маленьким экраном, плохие графические программы и т. д., то она не будет иметь успеха в качестве домашней.

Многое может быть выяснено путем сравнения персональных компьютеров с другими нововведениями аналогичного масштаба, такими как автомобиль, радио, телефон, телевидение, и выявления общих закономерностей формирования новых общественных потребностей, связанных с ними. Даже поверхностное сопоставление персональных компьютеров с другими нововведениями показывает, что они переживают еще период младенчества. Несмотря на то, что в мире уже существуют десятки миллионов компьютеров разных классов, и энтузиазм по поводу компьютеризации довольно высок, в целом вычислительная техника так же молода, как автомобиль на рубеже XX века или телевидение в первые послевоенные годы.

В научно-популярных публикациях по ЭВМ принято подчеркивать небывалые темпы компьютеризации, которая в кратчайшие сроки охватила миллионы пользователей. Однако сравнение темпов внедрения разных нововведений показывает, что компьютеры не явля-



Темпы внедрения некоторых нововведений в первые 10 лет [4]

а — черно-белое телевидение (1946), б — цветное телевидение (1959), в — бытовой компьютер (1975), г — кабельное телевидение (1948)

ются в этом смысле чем-то уникальным. Их освоение проходит быстрее, чем автомобиля или радио, но уступает телевидению. Между тем считается, что именно телевизоры по своим потребительским качествам ближе всего к бытовой вычислительной технике (см. рисунок). Так, в 1984 г. только в 8—9 % домохозяйств США имелись домашние компьютеры [2, с. 150]. К 1986 г. эта доля возросла до 15—16 % [4, с. 6]. Ожидается, что к началу 90-х годов она превысит 50 % [2, 4, 6]. Эти темпы в целом ниже, чем те, которые были характерны для первых лет массового распространения телевидения, что обусловлено вполне определенными обстоятельствами.

Во-первых, одним из решающих факторов освоения массовых технических нововведений является степень понимания их населением, которое не должно испытывать неловкости, замешательства от соседства с новыми машинами. В этом смысле персональный компьютер еще далек от совершенства. Чтобы стать товаром массового потребления, он должен быть, как говорится, «прозрачен» для пользователя, т. е. своим присутствием не заслонять ему ту потребность, которая с его помощью удовлетворяется. Пока же современные персональные компьютеры далеки от этого. Они требуют длительного (по сравнению с другими бытовыми приборами) обучения правилам пользования, знания специальных языков и т. п. Так, проведенный в США анализ процессов адаптации домашних компьютеров показал, что пока в большинстве случаев их приобретает технически ориентированная мужская часть населения. Главным мотивом для этого является желание овладеть новой информационной техникой. При этом кака-либо конкретная цель использования компьютеров в будущем, как правило, не ставится. Приобретению ЭВМ чаще всего предшествует покупка специальной приставки для видеоигр или активное овладение микрокалькулятором [4]. Такое положение естественно для начальных этапов освоения новой техники. Но оно не может продолжаться длительно. Для дальнейшего развития производства бытовых компьютеров нужно, чтобы

у потребителя сформировалось ясное представление о возможных областях применения новой техники и о том, что это ему будет давать. Без этого, как показывает опыт других стран, компьютеры будут оставаться не очень желанными гостями в большинстве домов. В этом направлении нам предстоит еще значительная работа как в области повышения компьютерной грамотности населения, так и в пропаганде форм и методов использования домашних ЭВМ, в показе того, какие преимущества они дают.

Во-вторых, чтобы быстро проникать в различные сферы общественной жизни, любое нововведение должно быть легко доступным. В этом смысле современные персональные компьютеры значительно выигрывают по сравнению с ЭВМ общего назначения других классов. И это значительный шаг вперед. Но в данном случае нельзя просто сравнивать разные виды компьютеров между собой. Новая техника вторгается в уже сложившиеся сферы общественной жизни. Она позволяет решать старые задачи, удовлетворять сложившиеся потребности на принципиально другой основе. И домашний компьютер должен сравниваться не со своими предшественниками мини- и большими ЭВМ, а с той техникой, которую он вытесняет из нашей жизни. Так, телефон был проще в обращении, чем его предшественник телеграф, а содержание автомобиля значительно менее хлопотно, чем лошадей, и т. д. Упрощает ли компьютеризация управление бытовой техникой, ведение хозяйственных расчетов в семье и т. п.? На данном этапе получить ответ, подтверждающий необходимость внедрения домашнего компьютера, очевидно, не так просто. Даже один из идеологов массовой компьютеризации, президент американской компании «Эппл компьютерз» С. Джобс считает, например, что персональные машины находятся еще на таком уровне развития, на котором был телеграф незадолго до того, как появился телефон [2, с. 152]. Такая оценка означает, что в ближайшие годы в этой области должны произойти радикальные изменения, которые существенно облегчат пользование персональными компьютерами. Контуры этого процесса уже намечаются в наши дни. Основным нововведением, которое существенно трансформирует процесс компьютеризации, должны стать системы искусственного интеллекта. В середине 80-х годов наметился переход к массовому использованию программ искусственного интеллекта, правда, пока еще для деловых применений в виде так называемых экспертных систем. Но уже не далек тот день, когда будут созданы экспертные системы, позволяющие в диалоговом режиме решать обычные бытовые проблемы, такие, например, как покупка нового телевизора, холодильника, выбор маршрута путешествия в период отпуска и т. п. При этом диалог с машиной будет вестись на языке, максимально приближенном к естественному, без использования специальных правил.

В-третьих, всякое крупное технологическое нововведение определенным образом трансформирует социально-экономические отношения и создает свою собственную инфраструктуру. Например, автомобиль потребовал шоссейных дорог и создания разветвленной системы технического обслуживания, изменений в энергетическом балансе стран; телефон — создания сети авторелейных станций и разветвленных проводных систем связи. Массовая компьютеризация также требует создания соответствующей инфраструктуры. По современным представлениям в нее должны входить: система связи, обеспечивающая возможность прямой коммуникации между ЭВМ различных классов, включая домашние; сфера технического обеспечения и обслуживания ЭВМ, широкая торговля ЭВМ массовых моделей и программным обеспечением; специальные издания, газеты, журналы и т. п. Пока в основном развивалась промышленная инфраструктура для обеспечения потребностей компьютеризации, остальные ее части значительно отстают. А без соответствующей инфраструк-

туры в сфере обеспечения массового потребления компьютер превращается в довольно дорогостоящую забаву и уподобляется телевизору без антенны или автомобилю без дорог.

В четвертых, новая техника только начинает свой путь с более удобного и экономного удовлетворения уже существующих потребностей общества. Своим успехом в дальнейшем она обязана тому, что открывает перед потребителями новые, ранее ему не известные возможности. Например, телефон не только пришел на смену телеграфу, но и практически вытеснил бытовую переписку между друзьями, родственниками, знакомыми. Он породил особую культуру телефонного общения. Электричество, которое начинало свой путь с освещения домов, создало предпосылки для широкого применения электробытовых приборов — холодильников, пылесосов, стиральных машин и т. п. Последнее существенно изменило облик современного жилища, породили новый стиль жизни. Эти области применения не были известны в начальный момент, когда нововведение только прокладывало себе дорогу и доказывало свое право на существование. Они обнаруживаются позже, на этапе профессиональной эксплуатации нововведения и получают настоящее развитие только на этапе его массового внедрения. В США проводятся специальные исследования с целью выявить изменения поведения в быту у владельцев личных компьютеров. Ученые обнаружили, что главные изменения произошли в количестве времени, затрачиваемого на самообразование: оно увеличилось у всех категорий обследованных за счет сокращения времени, проводимого у телевизора. Бюджет времени на игры, общение с членами семьи, выполнения производственных обязанностей дома и др. остался практически неизменным [5].

В компьютеризации эпоха массового применения только начинается. Но уже сейчас можно с уверенностью отметить, что первоначальные области использования ЭВМ — вычисления и обработка информации — не стали основой для их широкого внедрения в быт. Большинство специалистов по информатике и вычислительной технике сходятся в том, что персональные компьютеры следует рассматривать как одно из звеньев непрерывной цепи нововведений, присущих современному этапу научно-технической революции. Характерной его особенностью стал так называемый синергетический эффект от всей совокупности нововведений: отдельные нововведения дополняют друг друга, расширяют возможности использования и масштабы влияния на социально-экономические процессы, происходящие в обществе.

В общей совокупности нововведений, определивших лицо современного этапа научно-технической революции, можно выделить особую группу, относящуюся к так называемой «новой информационной технологии». Это, помимо информатики и вычислительной техники, — радио, телевидение, телефон и некоторые другие, такие, например, как космическая связь. Компьютеризация в целом и персональные компьютеры в особенности стали своеобразным ядром, позволившим объединить многие информационные процессы, развивавшиеся ранее независимо.

В этой связи следует отметить, что речь идет не об информационной технике, а именно о технологии, которая включает помимо самой техники новые формы и методы ее использования. Последнее неотделимо от многих социальных аспектов, связанных, в частности, с целеполаганием, ценностями и другими нетехническими сторонами использования техники. В информационной же технологии, которая в значительной мере призвана обслуживать социально-экономические процессы в обществе, эта нетехническая сторона играет существенную роль. В частности, потребность в бытовых компьютерах возникает в результате сложных взаимодействий, происходящих в рамках системы ценностей общества, установок создателей и производителей вычислитель-

ной техники, свойств самих компьютеров и характеристик тех ячеек общества, где последние внедряются. В случае бытовых компьютеров такой ячейкой является семья. Исследования американских социологов показывают, что именно установки создателей новой техники и система доминирующих в данный момент ценностей общества предопределяют успех нововведения в быту, поскольку именно они формируют структуру ожиданий общества в отношении последних [4].

Именно с проявлением этого синергетического эффекта связывается тот факт, что в 1985—1986 гг. в отношении массового потребителя к бытовым компьютерам намечился существенный сдвиг. В США, например, сейчас 40% продаж персональных ЭВМ по стоимости приходится на бытовую вычислительную технику [4, с. 6]. Специальные исследования этого рынка показали, что современный потребитель более здраво оценивает возможности использования вычислительной техники в быту, у него выработано достаточно ясное представление о том, что с ее помощью может быть сделано сейчас и что в ближайшей перспективе [3—6].

Сегодня персональным компьютерам в быту предназначается роль своеобразных интеграторов различных по своей природе информационных процессов, в той или иной степени связанных с выполнением производственных функций. В качестве ключевых направлений применения персональных компьютеров в домашних условиях обычно выделяют следующие.

Использование баз данных. Персональный компьютер предоставляет возможность быстрого обращения к большому количеству разнообразных баз данных и эффективного использования в быту полученной информации. В обыденной жизни человек участвует во множестве информационных взаимодействий, которые большей частью не регистрируются и соответственно не используются. Персональные компьютеры позволяют не только пользоваться уже имеющейся в центральных базах данных информацией (таких как государственная статистика, медицинские, налоговые и кредитные архивы и т. п.), но и по специальным процедурам вносить дополнительную информацию, делать коррекцию уже имеющихся данных, создавать новые массивы и т. д. Например, члены жилищно-строительного кооператива могут создать базу данных о состоянии жилищных условий, произведенных косметических ремонтных работах, необходимом капитальном ремонте и т. п. Своевременный обмен информацией может существенно повысить эффективность содержания домового хозяйства. Аналогичные банки данных могут быть созданы в любой области, где существует группа владельцев персональных компьютеров, объединенных единством интереса, например в области обмена жилой площадью, купли-продажи предметов длительного пользования, найма на работу и многих других. Сочетание центральных банков информации и локальных специализированных, построенных «по интересам», позволит, по мнению специалистов, существенно повысить эффективность многих социально-экономических процессов.

Интеграция бытовых микропроцессоров. В настоящее время микропроцессоры все шире используются в бытовой технике. Они встроены в электронные часы, находят свое место в телевизионных и радиоприемниках, управляют зажиганием автомобиля, устанавливают режим работы фотоаппаратуры и т. п. Главная особенность происходящих при этом изменений в бытовой аппаратуре заключается в том, что всюду микропроцессоры заменяют существовавшие до этого аналоговые счетно-решающие устройства цифровыми. Это создает возможность управления всей бытовой техникой из единого центра. Правда, как было отмечено выше, до сих пор реальная потребность в такой централизации в домашних условиях остается не выясненной. В Японии были предприняты даже специальные демонстрационные проекты «домов будущего», в которых вся бытовая техника управлялась с помощью домашнего компьюте-

ра. Пока это направление не получило сколько-нибудь серьезного практического подтверждения. И тем не менее специалисты возлагают на него большие надежды особенно сейчас с появлением разнообразных экспертных систем, микропроцессорной техники нового поколения, бытовых роботов. «Интеллектуальная» бытовая техника будущего создаст новые условия для применения управляющих комплексов на базе бытового компьютера общего назначения. Например, уже сегодня нет принципиальных препятствий для создания робота-пылесоса, который будет чистить ковры, не натыкаясь на стены и мебель. Но пока такая система будет слишком дорогой и не представит практического интереса. Но прогресс развития техники уже в ближайшие годы может многое изменить в этой области.

Компьютеры в системах коммуникаций. Современное жилище обслуживает большая группа систем связи: почта, телефон, телеграф, пресса, радио, телевидение. Унификация информационных процессов в них на базе компьютерной техники может резко изменить этот набор. Например, вполне возможно, что мы присутствуем при постепенной ликвидации традиционной системы почтовой связи и замене ее другими системами (компьютерная почта). Параллельно с этим может идти процесс стирания граней между периодической прессой и долговременными изданиями типа книг, справочников, словарей и т. п. Их может заменить унифицированная система информации, в которой домашний компьютер будет связан с множеством специальных информационных массивов. Компьютеры позволяют более точно адресовать информацию, усиливают возможность обратной связи, повышают эффективность коммуникаций. Перевод всех информационных систем на цифровую технологию позволяет без существенных потерь переносить сведения из одной системы в другую, повысить качество услуг. По представлениям современных футурологов, главным достоинством персонального компьютера становится его способность быть универсальным коммуникатором. В этом они видят его принципиальное отличие от традиционных ЭВМ.

Персональные компьютеры должны, по их мнению, постепенно замещать существующие средства и системы коммуникаций. Уже получила широкую популярность комбинация настольного компьютера и телефона. При этом компьютер не только записывает полученные по телефону сообщения, но и может автоматически ответить на наиболее простые вопросы. Одновременно он служит информационным терминалом, соединяющим пользователя с внешними банками данных, локальными и общенациональными вычислительными сетями. Не менее известна и комбинация телефона, телевизора и компьютера, получившая название видеотекса. Считается, что это лишь первые, пробные шаги в направлении создания новых систем связи, которые придут на смену существующим радио, телефону, телевидению и почте вместе взятым и которые создадут новые возможности информационного общения и услуг. Уже сегодня, например, каждый пятый домашний компьютер в США используется в сетях, и эта доля быстро растет [4, с. 14].

Даже это небольшое перечисление возможных направлений применения компьютеров в быту (из рассмотрения была исключена целая группа применений, связанных с выполнением в домашних условиях основных производственных обязанностей) показывает, что к домашнему компьютеру нельзя подходить с теми же мерками, что к компьютеру на производстве. Здесь легко впасть в заблуждения, которые долгое время сдерживали развитие в нашей стране телефонной сети или производство легковых автомобилей для личного пользования. Производственное и бытовое применение компьютеров нельзя противопоставлять друг другу. Наоборот, это два взаимно дополняющих аспекта компьютеризации. В тех странах, где бытовая вычислительная техника получила достаточное распространение,

было отмечено, она стала важным фактором повышения эффективности использования ЭВМ в общественном производстве [4, 6]. Обладатели бытовых компьютеров быстрее и охотнее своих коллег овладевают профессиональными навыками работы на информационной технике, более творчески подходят к решению производственных задач и т. п.

Таким образом, адаптация новой информационной техники обществом не может и не должна ограничиваться лишь сферой производства. И представляется, что правы сторонники третьей из приведенных в начале статьи точек зрения.

Общая стратегия проникновения персональных компьютеров в наш быт может быть представлена приблизительно так: постепенно техника, используемая в традиционных системах связи (телефоны, телевизоры, радиоприемники) будет насыщаться микропроцессорами и приобретать свойства компьютеров. На ее основе будут создаваться новые системы и виды услуг (медицинское консультирование через локальные сети, заказ товаров и услуг, информационное обслуживание, справочные услуги и т. п.). Одновременно в домах начнут появляться компьютеры, используемые для обучения, обработки текстов и выполнения в домашних условиях производственных задач.

Существует немало прогнозов, в которых высказывается, что уже при жизни нынешнего поколения новые компьютерные информационные системы получат такое же распространение, как телефон или телевизор. Однако представляется, что подобные предсказания основаны скорее на экстраполяции развития техники, а не на анализе реальных социально-экономических процессов. Ведь создание новых систем коммуникаций — это сложный социальный процесс, связанный со значительными изменениями в образе жизни населения. Оно не может быть осуществлено в директивном порядке, а требует серьезных усилий на многих направлениях, включая ликвидацию компьютерной неграмотности, создание компьютерной инфраструктуры, формирование культуры использования новой информационной технологии и т. п. Но в то же время уже сегодня не вызывает сомнения факт, что будущее информатики и вычислительной техники в значительной мере обусловлено способностью общества использовать ее для удовлетворения своих потребностей. Поэтому, как представляется автору данной статьи, не следует заранее принимать роль домашнего компьютера, и на вопрос, вынесенный в заголовок, нужно ответить положительно. Домашний компьютер не просто нужен, он жизненно необходим для ускорения процесса компьютеризации страны, и вопрос о производстве этого вида техники нужно рассматривать с таким же вниманием, как и любого другого товара народного потребления.

Телефон для справок — 202-66-91 (Москва).

ЛИТЕРАТУРА

1. Персональные компьютеры: Материалы Всесоюз. конф. «Диалог-82-микро». — Пушкино: НИВЦ, 1983. — 72 с.
2. Case J. Digital future: the Personal computer explosion — why it's happening and what it means. — N. Y.: William Morrow, 1985. — 192 p.
3. Venkatesh A., Vitalari N. An empirical investigation of home computer adoption and usage. — Irvine: University of California, 1983—43 p.
4. Dutton W., Roger E., Suk-ho J. The diffusion, use, and social impacts of microcomputers among households: a meta research. — Los-Angeles: University of South California, 1986. — 29 p.
5. Vitalari N., Venkatesh A., Gronhang K. Computing in the home: shifts in the time allocation patterns of households // Communications of the ACM. — May 1985. — P. 512—522.
6. Information technology and social transformation. — Washington: National Academy Press, 1985. — 173 p.

Статья поступила 2 июня 1986 г.

УДК 681.3.06

Е. М. Снежко, А. Е. Тихомиров

КОМПАКТНЫЙ МОБИЛЬНЫЙ КРОССАСSEMBЛЕР ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРА КР580ВМ80

Существует несколько систем отладки программ микропроцессора КР580ВМ80 на ЭВМ различных классов. Предлагаемый кроссасSEMBлер отличается, прежде всего, компактностью и наглядностью, может быть введен по листингу с терминала любой ЭВМ, работающей с языком Паскаль, и предназначен для ассемблирования небольших программ. Результат работы ассемблера — листинг исходного текста и результирующей программы с диагностикой ошибок, а также объектный модуль. Особое внимание уделено сокращению размеров ассемблера, поэтому в нем отсутствуют директивы условной трансляции и макросы. Выбрана двухпроходная схема ассемблирования с записью промежуточного файла на магнитный диск [1, 2]. Так как операции ввода-вывода связаны с использованием конкретных операционных систем, описывается вариант ассемблера, работающий в системах РАФОС и ОС РВ СМ ЭВМ. В системе РАФОС использовался компилятор Паскаль V1-564, в ОС РВ — Паскаль-2 V2.0/RSX. Исходный текст занимает 23 блока на диске, а загрузочный модуль — 32 блока в системе РАФОС. Для работы программы в РАФОС необходимо минимум 22К байт оперативной памяти.

Исходная программа для микропроцессора записывается с помощью любого редактора текста на магнитный диск в файл с расширением .ASM. Каждая строка программы состоит из полей метки, команды или директивы, операндов, комментариев. Данные и команды могут иметь метки длиной до 6 знаков; символический адрес в команде LXI — до 4 знаков. Ассемблер распознает общепринятые директивы [3]: ORG — задание начального адреса (4-разрядное 16-ричное число); EQU — присваивание произвольного 4-разрядного 16-ричного значения; END — конец программы; DS — резервирование заданного числа байтов (в десятичной системе счисления); DW — определение двухбайтовой адресной константы (в поле операндов стоит символический адрес); DB — определение однобайтовой 2-разрядной 16-ричной константы.

В процессе ассемблирования производится: присвоение адресов командам и данным с помощью адресного счетчика; перевод команд в 16-ричные машинные коды; перевод символических адресов в 16-ричные по таблице адресов; выдача листинга программы и сообщений об ошибках, а также объектного модуля. При первом проходе вводится программа построчно, заносится символический код в строку для печати, составляется таблица имен с распределением адресов, обрабатываются директивы ассемблера и операндов, содержащих код регистра, записывается промежуточный файл на магнитный диск. На втором проходе читается промежуточный файл, заменяются метки соответствующими адресами и заносится строки листинга в выходной файл, преобразуются и заносятся данные в объектный файл.

Листинг ассемблера на Паскале (рис. 1) содержит следующие основные переменные: Z — выходная строка программы, включающая машинный код и текст исходной строки; NALI — таблица меток и их адресов, число которых в данной реализации $NA \leq 200$. Это число можно увеличить, повышая размерность массива в разделе описания переменных. В таблице VORB содержится список команд, для которых необходим сдвиг адреса операнда в код команды, а в таблице COD — список команд и соответствующий код [4]. Для компактности листинга таблица COD вводится с терминала как массив из 61 строки по 40 символов, а в основной программе используется как массив из 244 строк следующего формата: 6 байт — команда, 2 байта — код команды, 2 байта — разделители (—).

На рис. 2 приведено назначение полей используемых записей. Для однобайтовых команд без операндов производится непосредственное кодирование; для двухбайтовых команд с операндом адрес операнда сдвигается в мнемокод команды. Двухбайтовые команды с константой содержат в первом байте код команды, во втором — константу. Если двухбайтовая команда содержит код регистра, он сдвигается в первый байт. Трехбайтовые команды с адресом ОЗУ содержат в первом байте — код команды, во втором — младшие и в третьем — старшие разряды адреса. В трехбайтовой команде код регистра сдвигается в первый байт. Сообщения в листинге: CODE — недействительный код команды, U12 — не найдена метка в поле DW, U23 — не найдена метка в поле команды.

Пример работы ассемблера приведен на рис. 3. Для ассемблирования необходимо запустить программу соответствующей командой монитора, по запросу ввести имя файла с исходной программой (до 6 знаков). Выходной файл с листингом имеет то же время, но с расширением 580, а объектный модуль — с расширением .OBM, он начинается служебной информацией: код 53H, начальный адрес программы, ее конечный адрес; далее следуют коды [5]. При использовании загрузчика другого типа процедуры WRITEOBJECTHEAD и WRITEOBJECT должны быть соответственно изменены. Выходные файлы могут быть просмотрены или распечатаны стандартными программами операционной системы. Промежуточный файл TEMP.TMP не сохраняется. После ассемблирования указанной программы управление передается монитору.

Приведенный кроссасSEMBлер содержит минимальный, но достаточный для трансляции небольших программ набор директив. Язык Паскаль позволяет получить «прозрачную» программу ассемблера, которую легко ввести, отладить и модернизировать. При необходимости несложно включить дополнительные возможности, например расширение списка директив, включение условной трансляции и др. Для использования макро-

```

PROGRAM KROSS) (*KPOCC = АССЕМБЛЕР ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРА КР580 *)
CONST BLANK = ' ';
TYPE WORD = PACKED ARRAY [1..6] OF CHAR;
CHAR40 = PACKED ARRAY [1..40] OF CHAR;
CHAR42 = PACKED ARRAY [1..42] OF CHAR;
CHAR2 = PACKED ARRAY [1..2] OF CHAR;
CHAR13 = ARRAY [1..13] OF WORD;
TABLESTRING = RECORD A : WORD; B : CHAR2 END;
CODETABLE = RECORD CASE CHAR OF
    'E': (E:ARRAY [1..244] OF TABLESTRING);
    'D': (D:ARRAY [1..61] OF CHAR40) END;
RADIX16 = RECORD CASE INTEGER OF
    1 : (A: PACKED ARRAY [1..16] OF CHAR);
    16 : (B: ARRAY [0..15] OF CHAR) END;
C = RECORD CASE INTEGER OF
    1 : (A:ARRAY [1..21] OF WORD);
    2 : (B:ARRAY [1..3] OF CHAR2) END;
D = RECORD CASE INTEGER OF
    1 : (A:CHAR2); 2 : (C:WORD) END;
VAR
    COD : CODETABLE; F1,F2,F3,F4 : TEXT; CODE : D; VORB : C;
    NA,N,I,BZ,J,NBYTE,ERROR,START : INTEGER;
    NALI : ARRAY [1..2,1..200] OF WORD; Z : CHAR13; SYS : RADIX16;
    FILNAM:NAME;FUNK,OPER : WORD;
PROCEDURE FILENAME; (*ВВОД ИМЕНА ФАЙЛА ДЛЯ ОБРАБОТКИ *)
VAR I : INTEGER; BEGIN
    WRITELN ('KPOCC-ACCЕМБЛЕР КР580'); WRITE ('ИМЯ ФАЙЛА = ') ? ?
    I:=1; WHILE (NOT EOLN) AND (I<=6) DO
        BEGIN READ(FILNAM[I]); I:=I+1; WRITE (FILENAME*);
    PROCEDURE READSTRING (VAR F:TEXT; VAR Z:CHAR13; N:INTEGER);
        (* ЧИТАЕТ СТРОКУ ИЗ ТЕКТОВОГО ФАЙЛА НА ДИСКЕ.
        ПАРАМЕТРЫ: F-ФАЙЛ, Z-ЧИТАЕМАЯ СТРОКА, N-НОМЕР ПОЛЯ ЛИСТИНГА,
        НАЧИННАЯ С КОТОРОГО В ПЕРЕМЕННУЮ Z ЗАНОСИТСЯ СТРОКА *)
    VAR I,J:INTEGER; BEGIN FOR I:=1 TO 13 DO Z[I]:=BLANK;
        I:=N; WHILE (NOT EOLN(F)) AND (I<=13) DO
            BEGIN J:=1; WHILE (NOT EOLN(F)) AND (J<=6) DO
                BEGIN READ (F,Z[I][J]); J:=J+1; END; I:=I+1; END;
                READLN (F) END (*READSTRING*);
    PROCEDURE WRITESTRING (VAR F:TEXT; VAR Z:CHAR13; N:INTEGER);
        (* ЗАПИСЫВАЕТ СТРОКУ В ФАЙЛ. (F-ФАЙЛ, Z-СТРОКА ДЛЯ ВЫВОДА,
        N-НОМЕР СТРОКИ ЛИСТИНГА; ЕСЛИ N=0, ВЫВОД ВО ВРЕМЯ ИМЕНА ФАЙЛА *)
    VAR I:INTEGER; BEGIN IF N < 0 THEN WRITE (F,N,' ');
        FOR I:=1 TO 13 DO WRITE (F,Z[I]); WRITELN (F) END (*WRITESTRING*);
    PROCEDURE HEXADECIMAL (VAR D:WORD; I:INTEGER); VAR P,I,J : INTEGER;
        (* ПРЕОБРАЗУЕТ ЧИСЛО В ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ Д 16-ЗНАЧНЫХ ЗНАКОВ *)
    BEGIN J:=ABS (D); I:=4; IF W<0 THEN D:=PFFFF ELSE D:=P0000
        REPEAT P:=J MOD 16; IF W<0 THEN D:=SYS.BL16-ABS(P-1) MOD 161
            ELSE DC11:=SYS.BC[P]; J:=J DIV 16; I:=I-1
        UNTIL (J=0) OR (I=0) END (*HEXADECIMAL*);
    PROCEDURE JUSTIFY (VAR A:WORD; I1:INTEGER); VAR B:WORD; K,J,I:INTEGER;
        (* ВЫРАВНИВАЕТ ПОЛЕ А ПО ПРАВОЙ (I1=2) ИЛИ ЛЕВОЙ (I1=1) ГРАНИЦЕ *)
    BEGIN B:=BLANK; CASE I1 OF
        1:BEGIN J:=1; FOR I:=1 TO 6 DO IF AC11<'>' THEN
            BEGIN BC11:=AC11; J:=J+1; END;
        2:BEGIN J:=6; FOR I:=6 DOWNTO 1 DO IF AC11<'>' THEN
            BEGIN BC11:=AC11; J:=J-1; END;
        FUNCTION CONVERSION (OPER:WORD; B:INTEGER); INTEGER; VAR I,J,K:I:INTEGER;
            (* ПРЕОБРАЗУЕТ СИМВОЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОПЕРА В ЧИСЛО ПО ОБОИМ НАМ В *)
    BEGIN JUSTIFY (OPER*2); K:=0; FOR I:=1 TO 6 DO BEGIN J:=1;
        IF OPER [I] < '0' THEN REPEAT J:=J+1;
            IF OPER [I] = 'S', 'B', 'C', 'J' THEN K:=K+B*J
            UNTIL (J>=) OR (OPER [I] = 'S', 'B', 'C', 'J'); END; CONVERSION:=K END (*CONVERSION*);
    PROCEDURE LISTING (I1:INTEGER; VAR J1:INTEGER; Z1,Z2,Z3,Z4:WORD);
        (* ФОРМИРУЕТ СТРОКУ ЛИСТИНГА; I1 УКАЗЫВАЕТ ДЛИНУ КОМАНД, J-ЗНАЧЕНИЕ
        СЧЕТЧИКА КОМАНД, Z1-Z4 - ПОЛЯ СТРОКИ Z *)
    BEGIN Z1:=Z1; HEXADECIMAL (Z2,Z1,J); NBYTE:=NBYTE+I1;
        JUSTIFY (Z2,1); Z3:=Z3; Z4:=Z4; J:=J+1; END (*LISTING*);
    PROCEDURE SHIFT (I:INTEGER);
        (* САМН ИЗ ПОЛЯ ОПЕРАЦИЙ В ПОЛЕ КОМАНД А ВЪХ (I=2) ИЛИ ТРЕХ ПАРПРАОВ *)
    BEGIN CASE I OF
        2: BEGIN FUNK [5]:=OPER [1]; FUNK [6]:=OPER [2];
            OPER [1]:=' '; OPER [2]:=' ' END;
        3: BEGIN FUNK [4]:=OPER [1]; FUNK [5]:=OPER [2]; FUNK [6]:=OPER [3];
            OPER [1]:=' '; OPER [2]:=' '; OPER [3]:=' ' END
    END; JUSTIFY (OPER,1) END (*SHIFT*);
    PROCEDURE SHARING (AB:WORD; VAR A,B :WORD);
        (* ПЕРИОДИЧЕСКИ ИЗ ПОЛЯ АВ СИМВОЛ 1/2 В ПОЛЕ В, СИМВОЛ 3/4 - В ПОЛЕ А *)
    BEGIN A:=BLANK; B:=BLANK; BC11:=ABC11; BC21:=ABC21; END (*SHARING*);
    PROCEDURE WRITEOBJECT; VAR N:CHAR; D:I:INTEGER; (* ФОРМИРУЕТ ОБЪКТНН ФАЙЛ *)
    BEGIN IF (Z3[1] < '0') AND (Z1[1] < '0') THEN BEGIN
        N:=CHR (CONVERSION (Z3,16)); WRITE (F4,N); IF Z4[1] < '0') THEN
        BEGIN N:=CHR (CONVERSION (Z4,16)); WRITE (F4,N); IF Z5[1] < '0') THEN
        BEGIN N:=CHR (CONVERSION (Z5,16)); WRITE (F4,N) END; END (*WRITEOBJECT*);
    PROCEDURE WRITEOBJECTHEAD; VAR N:I:INTEGER; A,B,C:WORD;
        (* ВЫВОД ЗАГОЛОВКА ОБЪЕКТОГО ФАЙЛА *)
    BEGIN HEXADECIMAL (C,START);
        WRITE (F4,CHR (CONVERSION (' 53',16))); SHARING (C,A,B);
        WRITE (F4,CHR (CONVERSION (A,16))); WRITE (F4,CHR (CONVERSION (B,16)));
        N:=START+NBYTE; HEXADECIMAL (C,N); SHARING (C,A,B);
        WRITE (F4,CHR (CONVERSION (A,16))); WRITE (F4,CHR (CONVERSION (B,16)));
        END (*WRITEOBJECTHEAD*);
        (* НАЧАЛО ПРОГРАММЫ *)
    BEGIN FILENAME; RESET (F1,FILNAM,'ASM',I);
    IF I<0 THEN WRITELN ('ФАЙЛ:',FILNAM,'.ASM НЕ НАЙДЕН') ELSE
        BEGIN REWRITE (F2,FILNAM,'S80'); REWRITE (F3,'TEMP/TEMP',TMP);
            REWRITE (F4,FILNAM,'OBJ');
            BZ:=0; SYS.A := '0123456789ABCDEF'; ERROR:=0; NBYTE:=0;
            VORB.BC11:=MOV LDX POP LIX STAX PUSH MVI ?;
            VORB.BC2:=INR DCR INX DCX ADD ADC DAD ?;
            VORB.BC3:=SUB SBB ANA ORA XRA CMP RST ?;
    COD.DC11 := 'NOP 00-STAXB 02-INX B 03-INR B 04-?';
    COD.DC21 := 'DCR B 05-RRC 07-DAD B 09-LDAX 0A-?';
    COD.DC31 := 'DCX B 0B-INR C 0C-DCR C 0D-RRR C 0D-?';
    COD.DC41 := 'STAX 12-INX D 13-INR D 14-DCR D 15-?';
    COD.DC51 := 'RAL 17-DAD D 19-LDAX 1A-DCX D 1B-?';
    COD.DC61 := 'INR E 1C-DCR E 1D-RAR 1F-INX H 23-?';
    COD.DC71 := 'INR H 24-DCR H 25-DA 27-DAD H 29-?';
    COD.DC81 := 'DCX H 2B-INR L 2C-DCR L 2D-CMA 2F-?';
    COD.DC91 := 'INX S 33-INR D 34-DCR M 35-STC 37-?';
    COD.DC101 := 'DAD S 39-DCX S 3B-INR A 3C-DCR A 3D-?';
    COD.DC111 := 'CNC 3F-MOVB,8A0-MOVB,C41-MOVB,D42-?';
    COD.DC121 := 'MOVB,E43-MOVB,H44-MOVB,L45-MOVB,L46-?';
    COD.DC131 := 'MOVB,A47-MOVB,B48-MOVB,C49-MOVB,D4A-?';
    COD.DC141 := 'MOVB,E4B-MOVB,H4C-MOVB,L4D-MOVB,M4E-?';
    COD.DC151 := 'MOVB,A4F-MOVB,B50-MOVB,C51-MOVB,D52-?';
    COD.DC161 := 'MOVB,E53-MOVB,H54-MOVB,L55-MOVB,M56-?';
    COD.DC171 := 'MOVB,A57-MOVB,B58-MOVB,C59-MOVB,D5A-?';
    COD.DC181 := 'MOVE,ESB-MOVE,H5C-MOVE,L5D-MOVE,M5E-?';
    COD.DC191 := 'MOVE,ASF-MOVB,B60-MOVB,C61-MOVB,D62-?';
    COD.DC201 := 'MOVB,E63-MOVB,H64-MOVB,L65-MOVB,M66-?';
    COD.DC211 := 'MOVB,A67-MOVB,B68-MOVB,C69-MOVB,D6A-?';
    COD.DC221 := 'MOVL,E6B-MOVL,H6C-MOVL,L6D-MOVL,M6E-?';
    COD.DC231 := 'MOVL,A6F-MOVL,B70-MOVL,C71-MOVL,D72-?';
    COD.DC241 := 'MOVB,E73-MOVB,H74-MOVB,L75-MOVB,M76-?';
    COD.DC251 := 'MOVB,A78-MOVB,B79-MOVB,C79-MOVB,D7A-MOVB,E7B-?';
    COD.DC261 := 'MOVB,A7C-MOVB,L7D-MOVB,M7E-MOVB,A7F-?';
    COD.DC271 := 'ADD B 80-ADD C 81-ADD D 82-ADD E 83-?';
    COD.DC281 := 'ADD H 84-ADD L 85-ADD M 86-ADD A 87-?';
    COD.DC291 := 'ADC B 88-ADC C 89-ADC D 8A-ADC E 8B-?';
    COD.DC301 := 'ADC H 8C-ADC L 8D-ADC M 8E-ADC A 8F-?';
    COD.DC311 := 'SUB B 90-SUB C 91-SUB D 92-SUB E 93-?';
    COD.DC321 := 'SUB H 94-SUB L 95-SUB M 96-SUB A 97-?';
    COD.DC331 := 'SBB B 98-SBB C 99-SBB D 9A-SBB E 9B-?';
    COD.DC341 := 'SBB H 9C-SBB L 9D-SBB M 9E-SBB A 9F-?';
    COD.DC351 := 'ANA B A0-ANA C A1-ANA D A2-ANA E A3-?';
    COD.DC361 := 'ANA H A4-ANA L A5-ANA M A6-ANA A A7-?';
    COD.DC371 := 'XRA B A8-XRA C A9-XRA D AA-XRA E AB-?';
    COD.DC381 := 'XRA H AC-XRA L AD-XRA M AE-XRA AF-?';
    COD.DC391 := 'ORA B B0-ORA C B1-ORA D B2-ORA E B3-?';
    COD.DC401 := 'ORA H B4-ORA L B5-ORA M B6-ORA A B7-?';
    COD.DC411 := 'CMP B B8-CMP C B9-CMP D BA-CMP E BB-?';
    COD.DC421 := 'CMP H BC-CMP L BD-CMP M BE-CMP A BF-?';
    COD.DC431 := 'HLT 76-RNZ 00-POP B C1-PUSHB 05-?';
    COD.DC441 := 'RST 0 C7-RZ 08-RST 09-RST 1 0F-?';
    COD.DC451 := 'RNC 00-POP D D1-PUSHD 05-RST 2 07-?';
    COD.DC461 := 'RC 08-RST ; DF-RST 0E-POP H E1-?';
    COD.DC471 := 'XTHL E3-PUSHB 05-RST 4 E7-RPE E8-?';
    COD.DC481 := 'PCHL E9-XCHG EB-RST 5 EF-RP 0F-?';
    COD.DC491 := 'POP PSF1-DI F3-PUSHPSF5-RST 6 F7-?';
    COD.DC501 := 'RN F8-SPHL F9-EI FB-RST 7 FF-?';
    COL.DC511 := 'MVI B 06-MVI C 0E-MVI D 16-MVI E 1E-?';
    COD.DC521 := 'MVI H 26-MVI L 2E-MVI M 36-MVI A 3E-?';
    COD.DC531 := 'ADI C6-ACI CE-OUT D3-SUI D6-?';
    COD.DC541 := 'IN DB-SBI DE-ANI E6-XRI EE-?';
    COD.DC551 := 'ORI F6-CPI FE-LXI B 01-LXI D 11-?';
    COD.DC561 := 'LXI H 21-LXI S 31-SHL 22-LHD 2A-?';
    COD.DC571 := 'STA 32-LDA 3A-JNZ C2-JMP C3-?';
    COD.DC581 := 'CNZ C4-JZ CA-CZ CC-CALL CD-?';
    COD.DC591 := 'JNC D2-CNC D4-JC DA-CC DC-?';
    COD.DC601 := 'JPD E2-CPD E4-JPE EA-CPE EC-?';
    COD.DC611 := 'JP F2-CP F4-JNPE FA-CN FC-?';
    WRITELN (F2,'KPOCC-ACCЕМБЛЕР ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРА КР580');
    WRITELN (F2); NA:=1; N:=0; START:=0;
    WRITELN (F2,' * * * А Д Е С * * * О П Е Р А Н *');
    REPEAT FOR I:=1 TO 5 DO Z11:=BLANK;
        READSTRING (F1,Z,6); N:=N+1; NAME:=Z16; FUNK:=Z17; OPER:=Z18;
        JUSTIFY (NAME,1); JUSTIFY (FUNK,1); JUSTIFY (OPER,1); IF NAME<BLANK THEN
        BEGIN NALI [1,NA]:=NAME; HEXADECIMAL (NALI [2,NA],BZ); NA:=NA+1; END;
        IF FUNK=BLANK THEN (* ДЕЙСТВИЕ АССЕМБЛЕРА ПРОИЗВОДИТСЯ *)
        ELSE IF FUNK='ORG' THEN BEGIN BZ:=CONVERSION (OPER,16);
            IF START=0 THEN START:=BZ END
        ELSE IF FUNK='DB' THEN LISTING (1,BZ,Z11,Z23,OPER,Z14);
        ELSE IF FUNK='DW' THEN LISTING (1,BZ,'U12',Z23,Z14,OPER);
        ELSE IF FUNK='DS' THEN LISTING (CONVERSION (OPER,10),BZ,Z11,Z23,Z14);
        ELSE IF FUNK='EQU' THEN NALI [2,NA-13]:=OPER;
        ELSE IF FUNK='END' THEN BEGIN
            (* Б Т О Я П О X O A *)
            WRITESTRING (F3,Z,0); RESET (F3); WRITEOBJECTHEAD; NA:=NA-1;
            FOR I:=1 TO N DO BEGIN READSTRING (F3,Z,1);
                J:=0; IF Z11[1]='U' THEN REPEAT J:=J+1;
                    IF (Z4<NALI [1,J]) THEN BEGIN CASE Z11[3] OF
                        2:SHARING (NALI [2,Z11,Z3,Z4]); 3:SHARING (NALI [2,J,Z4,Z5]);
                        4:Z4:=NALI [2,J] END; Z11:=BLANK END;
                    UNTIL (J=NA) OR (Z4<NALI [1,J]); IF Z11[3]='A' THEN Z11:=BLANK;
                    IF Z11[1] < '0') THEN ERROR:=ERROR+1; WRITESTRING (F2,Z,1); WRITEOBJECT END;
                    WRITELN (F2); WRITELN (F2,' ОБЪЕКТНН ОВМОДК: ',ERROR);
                    WRITELN (F2,' ВСЕГО БАЙТОВ ',NBYTE);
                    WRITELN ('ОБЪЕКТНН ОВМОДК: ',ERROR);
                    WRITELN ('ВСЕГО БАЙТОВ ',NBYTE) END (* КО НЕ Х РА Б О Т Н *)
            (* П Р О Д О Л Ж Е Н И Е П Е Р В О Г О П Р О Д О К Т О Р А *)
            ELSE BEGIN (* ОБРАБОТКА КОМАНД АССЕМБЛЕРА КР580 *) J:=0;
                REPEAT J:=J+1; IF FUNK=VORB.ACJ THEN IF J=1 THEN SHIFT (3) ELSE SHIFT (2)
                UNTIL (FUNK=VORB.ACJ) OR (J = 2); J:=0; Z11:=CODE ; CODE.B:=BLANK;
                REPEAT J:=J+1;
                IF FUNK=COD.ECJ.A THEN BEGIN CODE.A:=COD.ECJ.B; Z11:=BLANK;
                IF (J=1) AND (J<=200) THEN LISTING (1,BZ,Z11,Z23,CODE,B,Z4);
                ELSE IF J<=218 THEN LISTING (2,BZ,'U3',Z23,CODE.B,OPER);
                ELSE LISTING (3,BZ,'U23',Z23,CODE.B,OPER) END;
                UNTIL (J=244) OR (FUNK=COD.ECJ.A)
                END; WRITESTRING (F3,Z,0)
                UNTIL (EOF (F1)) END; CLOSE (F1); CLOSE (F2); CLOSE (F3); CLOSE (F4) END. (*KROSS*)

```

Рис. 1. Листинг ассемблера на языке Паскаль

Структура переменных полей типа „D“

A:	CHAR	CHAR				
B:	CHAR	CHAR	CHAR	CHAR	CHAR	CHAR

Структура переменных полей типа „C“

a:	WORD	WORD	WORD	WORD	WORD	WORD	WORD	...	WORD
b:	Массив из 42 символов CHAR							...	

КРОСС-АССЕМБЛЕР ДЛЯ МИКРОПРОЦЕССОРА КР580

№ АДРЕС ОШЕРАИХ

1.				ORG	1300	
2.				PUMP EQU	4711	ПОЛЕ НЕ БОЛЕЕ 30 СИМВОЛОВ
3.	1300			IST DS	10	ОТВОДИТСЯ ДЛЯ КОММЕНТИРОВАНИЯ
4.	U12	130A	NOLB	BW	NOLB	ОШИБКА - НЕ НАЙДЕНА МЕТКА NOLB
5.	130B	50		SOLL DB	50	
6.	130C	0B	13	HW	SOLL	
7.	130D	05		ZEIT DCR	B	
8.	130E	16	0C	MVI	D,0C	
9.	1310	CA	11	JZ	PUMP C	
10.	1313	3A	00	LDA	IST	
11.	1316	FE	50	CFI	50	
12.	1318	CA	0B	JZ C	ZEIT	
13.	CODE			LOLA SOLL	ОШИБКА - КОМАНДЫ LOLA НЕТ	
14.	U23	131B	CA	JZ	0FA	ОШИБКА - НЕ НАЙДЕНА МЕТКА 0FA
15.				END		

ОБНАРУЖЕНО ОШИБОК: 3
ВСЕГО БАЙТОВ : 30

команд можно организовать дополнительный файл на диске или динамически выделяемую память. Изменяя таблицу кодов, легко создать кроссассемблеры для других 8-разрядных микропроцессоров.

Телефон для справок: 3-14-01, г. Днепропетровск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баррон Д. Ассемблеры и загрузки. — М.: МИР, 1974.—78 с.
2. Schmitt G. Einfacher Cross-Assembler für Mikroprozessoren // Elektronik.—1978.— N 5.— S. 69—72.
3. Григорьев В. Л. — Программное обеспечение микропроцессорных систем.—М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Микропроцессоры: системы программирования и отладки / Под ред. В. А. Мясникова, М. Б. Игнатьева.—М.: Энергоатомиздат, 1985.—272 с.
5. Алексенко А. Г., Галицын А. А., Иванников А. Д. Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на микропроцессорах.—М.: Радио и связь, 1984.— 270 с.

Рис. 2

Рис. 3

Статья поступила 1 ноября 1985 г.

УДК 681.3.06

Б. Я. Кавалерчик

НАДЕЖНОСТЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Введение

Одним из основных недостатков многих автоматизированных систем обработки информации (АСОИ) является низкая надежность. Согласно приведенным в [1] статистическим данным, в условиях реальной эксплуатации более трети заданий завершается аварийно, причем частота аварийного завершения примерно одинакова для вычислительных центров (ВЦ) с различным характером выполняемых работ. Кроме аварийных завершений, регистрируемых операционными системами (ОС), достаточно часто встречаются «зависания» ОС, аварийные отключения ЭВМ (например, по данным [2], число перегрузок ОС ЕС ЭВМ по разным причинам оценивается в среднем как 6...10 раз в сутки), получение неверных результатов из-за ошибок персонала и т. п. Работники служб эксплуатации многих ВЦ обычно дают оценки, что от 10 до 50% заданий завершается безрезультатно, поэтому приходится многократно повторять выполнение одних и тех же работ. Кроме того, из-за низкой надежности АСОИ приходится тратить много времени на копирование и восстановление информации.

В журналах учета работы ЭВМ непроизводительные расходы машинного времени, связанные с низкой надежностью АСОИ, обычно относятся к времени решения задач. В результате многократные повторения работ приводят к увеличению средних затрат машинного времени и удорожанию решения задач. Существующие формы статистической отчетности, показатели полезного времени работы и среднесуточной загрузки

также не способствуют достоверному учету всех непроизводительных затрат машинного времени.

В условиях реальной эксплуатации низкая надежность АСОИ приводит к неуверенности в выполнении расчетов в срок (при повторном просчете программы вероятность аварийного завершения обычно значительно увеличивается), вызывает взаимные обвинения служб программирования, эксплуатации и технического обслуживания в плохой работе, создает нервную обстановку на ВЦ, во многих случаях приводит к неоправданному росту вычислительных мощностей и увеличению плановых сроков решения задач.

Важность проблемы повышения надежности АСОИ вызвала появление большого числа работ по надежности и качеству программного обеспечения (ПО). Однако имеющиеся данные (наработка на отказ составляет сотни часов для типичного ПО [3] и тысячи часов для комплексов серийно тиражируемых программ и со временем, по мере устранения ошибок, резко возрастает [4, с. 85]) соответствуют более высоким показателям надежности, чем фактические на многих ВЦ.

Столь значительную разницу в показателях надежности можно объяснить только тем, что при оценках надежности ПО не учитываются какие-то факторы, оказывающие на нее сильное влияние.

В данной статье рассматривается влияние условий эксплуатации на надежность ПО и предлагаются методы и технологии, позволяющие значительно повысить эксплуатационные качества и надежность ПО.

Неоднозначность оценок надежности ПО

В соответствии с определением Г. Майерса [5] («В ПО имеется ошибка, если оно не выполняет того, что пользователю разумно от него ожидать. Отказ ПО — это проявление ошибки в нем»), наличие ошибки является функцией собственно ПО и неформальных ожиданий пользователей, которым, как правило, безразлично, по какой причине результаты получены с опозданием или неверны: из-за ошибок при кодирова-

нии алгоритма, ошибок в ОС или ошибок оператора ЭВМ. По определению в принципе включаются также отказы, вызываемые взаимодействиями ПО со всеми элементами внешней среды (аппаратура, носители информации, персонал и др.).

Однако при оценке надежности ПО обычно считается, что отказы возникают вследствие взаимодействия данных и ошибок в программе [6, с. 227]. При этом предполагается, что все остальные элементы внешней среды, взаимодействующие с ПО, являются безотказными. Пренебрегать отказами, связанными с этими элементами, можно только на начальных стадиях жизненного цикла ПО, когда из-за большого числа невыявленных ошибок отказы, связанные с взаимодействием программ и данных, встречаются гораздо чаще остальных отказов. Для отлаженных, эксплуатируемых программ доля отказов при взаимодействии с исходными данными со временем резко уменьшается и в основном проявляются отказы при остальных взаимодействиях.

Далее надежность ПО, вызываемую взаимодействиями с потоком исходных данных и остальными элементами внешней среды, будем называть соответственно программной (ПН) и эксплуатационной (ЭН) надежностью.

Эксплуатационная надежность наиболее важна для широкого класса задач со сравнительно простыми алгоритмами (это облегчает обеспечение ПН) и обработкой больших объемов информации и интенсивным использованием внешних устройств (задачи АСУ, многие диалоговые системы и др.).

Почему же из всех взаимодействий ПО в большинстве работ рассматривается только одно — взаимодействие с исходными данными? По-видимому, это связано с исторически сложившимся отношением к программе как к некоторому абстрактному математическому построению. При этом, по существу, игнорируется, что программа — не просто реализация некоторого алгоритма, преобразующего исходные данные в выходные, а элемент сложной технической системы. Все элементы системы (ОС, используемые СУБД и ППП, ЭВМ, внешние устройства, носители информации, терминалы, каналы связи, другие выполняемые одновременно программы, персонал) имеют вполне определенную надежность и достаточно сложно взаимодействуют друг с другом.

Отнесение программных средств к продукции производственно-технического назначения позволяет во многом использовать накопленный в технике опыт для оценки надежности ПО.

В соответствии с ГОСТ 27.002-83* [7] надежность — это «свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения...». Таким образом, ГОСТ прямо требует определять надежность с учетом условий эксплуатации. Разработчики при оценке надежности ПО обычно исключают отказы, связанные с условиями эксплуатации, так как в технических заданиях и спецификациях они, как правило, не оговариваются. Формальную позицию разработчиков можно оправдать. Однако на практике это приводит к оценке надежности для идеальных условий эксплуатации.

Условия использования многих видов техники характеризуются понятиями нормальной (с соблюдением всех инструкций) и рядовой (когда инструкции соблюдаются не в полном объеме) эксплуатации. Опыт показывает, что, например, наработка на отказ тракторов в рядовой эксплуатации в 1.5...2.5 раза

меньше, чем в нормальной [8]. Во многих случаях ПО также работает в условиях рядовой эксплуатации, когда техническое состояние ЭВМ и устройств, качество носителей и каналов связи ниже требуемых соответствующими нормативными документами, а персонал имеет недостаточную квалификацию. К сожалению, такие нарушения часто вызываются не только субъективными, но и объективными причинами, для устранения которых требуется длительное время.

В результате получается, что оценки надежности разработчика соответствуют идеальным условиям эксплуатации, а у пользователя ПО работает даже не в нормальных, а в рядовых условиях.

Разработчики при оценках надежности ПО учитывают в основном ПН. Пользователи же ПО на практике ощущают как ПН, так и ЭН, причем во многих случаях отказы, связанные с условиями эксплуатации, являются доминирующими. Именно влиянием ЭН и вызывается отменявшаяся выше разница в показателях надежности. Кстати, в [1] отмечается, что большинство зафиксированных аварийных завершений вызывается причинами, внешними по отношению к программам.

Поскольку разработка ПО ведется для удовлетворения конкретных потребностей пользователей, необходимые потребительские качества, в том числе и надежность, так же как и для любых других видов продукции производственно-технического назначения, должны быть обеспечены в реальных условиях эксплуатации.

Для создания программных средств, их эффективной массовой эксплуатации необходим инженерный подход: обязательно участие инженеров, конструкторов и технологов.

Два подхода к обеспечению ЭН

Рассмотрим для определенности методы обеспечения ЭН при взаимодействии ПО с одним из наименее надежных элементов внешней среды — магнитными носителями (МН).

Обратимся сначала к подходу математика. Анализируя процесс выполнения различных программ на ЭВМ, он видит, что при чтении информации с МН в некоторых случаях программы выдают какое-то диагностическое сообщение и аварийно завершаются. Ситуация, как правило, устойчива, т. е. при попытке еще раз выполнить программу она повторяется. Более того, обычно аварийно завершаются и другие программы, работающие с данным носителем. Отсюда делается вывод, что массив данного носителя прочитан невозможно, т. е. он «разрушен». Далее возникает привычная для математика задача выбора оптимальных стратегий резервирования информационных носителей [9].

С точки зрения инженера для повышения надежности любой системы в первую очередь необходимо исключить или свести к минимуму взаимодействие с наименее надежными элементами*.

Минимизация взаимодействия может проводиться разными способами.

1. При разработке алгоритмов и технологических процессах решения задач обычно не ставится цель уменьшения числа обращений к МН. Для повышения ЭН необходимо на стадии постановки обращать особое внимание на уменьшение работы с МН. Целесообразно использовать специальные методы для разработки программ, настраивающихся на имеющуюся конфигурацию ЭВМ и размер доступной программе оперативной памяти [10].

2. Анализ файлов АСОИ показывает, что цифра 0 и символ «пробел» составляют основную часть хранимой на МН информации. Применение компактных форм представления данных позволяет в 3...9 раз уменьшить объем, занимаемый информацией на МН,

* Впервые данный ГОСТ (точнее, предшествовавший ему ГОСТ 13377-75) для определения основных понятий и показателей надежности ПО еще до отнесения программных средств к продукции производственно-технического назначения был, по-видимому, применен В. В. Липаевым.

* Подход, связанный с повышением надежности этих элементов (в данном конкретном случае МН), в статье не рассматривается.

сократить время выполнения программ в 1,5...3 раза и, как следствие, значительно повысить ЭН [11].

3. Перспективными представляются методы типа интегрированного мультипрограммирования, позволяющие системными средствами значительно уменьшить число операций ввода-вывода путем синхронизации выполнения нескольких информационно связанных программ. При этом загрузка каналов обмена уменьшается в несколько раз с одновременным увеличением производительности вычислительной системы в 2...9 раз [12].

Названные способы позволяют существенно уменьшить работу с МН. Однако спешфика многих задач такова, что объемы ввода-вывода информации с МН остаются большими. Поэтому естественно еще раз обратиться к технологии работы при возникновении неисправимой ошибки ввода с МН. Обычно считается, что при наличии такой ошибки носитель «разрушен» и необходимо начинать всю работу сначала. С позиции инженера это не слишком логично. Ведь, если в пути произойдет поломка автомобиля, после ремонта и устранения неисправности не начинают путь сначала, а продолжают двигаться вперед с того места, на котором остановились. Нельзя ли аналогичным образом поступать при выполнении программ? Рассмотрим более близкую аналогию.

Пусть имеется несколько экземпляров книги, причем в каждом экземпляре нечетко отпечатано несколько страниц. Номера этих страниц случайны. Как мы читаем книгу? Берем первый экземпляр книги, читаем подряд до первой нечеткой страницы. Затем берем второй экземпляр книги, находим страницу, которую не смогли прочитать в первом экземпляре, и продолжаем читать. При этом, естественно, никто не начинает читать второй экземпляр книги сначала.

Несложно показать, что при наличии k экземпляров книги, содержащей n страниц, вероятность наличия во всех k экземплярах нечетких страниц (разных) примерно в n^{k-1} раз выше, чем вероятность того, что во всех экземплярах какая-то страница отпечатана нечетко.

Точно так же, как книга состоит из страниц, файлы на МН состоят из блоков информации, и приведенная аналогия показывает пути разработки эффективных технологий работы с МН.

Рассмотрим, как реализуется ввод информации при наличии двух тождественных файлов (основного и копии). Сначала основной файл читается до первого разрушенного блока. Затем на копии файла производится подвол к блоку который в основном файле разрушен (при этом предыдущие блоки пропускаются, т.е. безразлично, разрушены они или нет), и продолжается ввод информации с копии файла до обнаружения разрушенного блока. После этого осуществляется переход на основной файл п. т. п. При таком способе информацию невозможно прочитать только при наличии блока, разрушенного одновременно в обоих файлах. Даже при наличии такого блока, вероятность чего достаточно мала, потерянным окажется не весь файл, а только отдельный блок. Аналогично организуется работа с МН и при хранении k копий файла. Как показывает несложная оценка, при использовании предлагаемой технологии чтения информации с МН надежность по сравнению с обычными методами повышается на несколько порядков [13].

Для реализации предлагаемой технологии обработки неисправимых ошибок ввода с МН разработаны стандартные программы, которые переданы в ГосФАП (рег. № П004839) и используются на многих ВЦ.

Отмечавшееся отождествление понятия «разрушенного» файла с реально существующим наличием разрушенных блоков в файле вызвано, по-видимому, отсутствием ПО, позволяющего реализовать работу с файлами, содержащими разрушенные блоки.

В данном случае недостаточно инженерным был подход разработчиков систем управления вводом-выводом. К стати, в макрокомандах ввода-вывода, а также в языках высокого уровня во многих операционных системах предусмотрена возможность использования собственной подпрограммы обработки ошибок ввода-вывода. Однако из-за сложности и, главное, непривычности программирования данная возможность, как правило не используется.

Например, в операционной системе ОС ЕС ЭВМ есть очень близкая средство-программа динамической реконфигурации устройств, обеспечивающая при обнаружении неисправимых ошибок ввода-вывода динамическое перемещение томов МН на другое устройство. Однако эта программа практически обрабатывает только отказы устройств, так как, если ошибка связана с носителем, т.е. какой-либо блок разрушен, то его невозможно прочитать и на другом устройстве. Для повышения ЭН при работе с МН необходимы средства замены не устройств, а томов. Отметим, что операторам ЭВМ рекомендуется в некоторых случаях при копировании файлов на МН «обманывать» операционную систему и использовать замену тома для восстановления файла из двух, в каждом из которых есть разрушенные блоки, но в разных местах [14]. Многие взаимодействия ПО с внешней средой осуществляются через операционные системы. Поэтому, как и в случае взаимодействия с МН, повышения ЭН можно достичь путем совершенствования ОС или разработки средств, расширяющих их возможности.

Все сказанное не является отрицанием математического подхода или упреком математикам. Работы по оптимальному резервированию МН безусловно полезны. Однако очень плохо, что крайне мало работ инженерного и технологического плана: как для каждого вида взаимодействий ПО с внешней средой повысить ЭН, как разработать технологии, позволяющие программно преобразовывать отказы в автоматически устранимые сбоя?

Тестирование и отладка взаимодействий ПО с внешней средой

Так же, как и для взаимодействия программы с входными данными, для выявления и устранения ошибок взаимодействия со всеми элементами внешней среды необходимо проводить тестирование и отладку.

В частности, в дополнение к 15 категориям тестов в [15], для обеспечения ЭН необходимо тестировать взаимодействия ПО со следующими элементами внешней среды.

1. **Операционная система.** Как известно, ОС содержит ряд ошибок, поэтому следует проверить, что предусмотренные режимы работы ПО не вызывают проявления ошибок ОС.

2. Аналогично взаимодействию с ОС необходимо тестировать взаимодействия ПО с используемыми СУБД и ППП.

3. **Другие задачи** которые будут эксплуатироваться на ЭВМ параллельно с тестируемой. Взаимодействие может проявляться как непосредственно, так и из-за резкого возрастания числа сбоев при повышении загрузки ЭВМ [16].

4. **Внешние устройства и носители информации:** следует определить, достаточны ли аппаратные и системные средства обработки сбоев, или требуются специальные методы и программы.

5. **Терминалы:** проверить ситуации включения (выключения) части или всех терминалов перед запуском и в процессе работы системы, отказа терминала во время работы и т. п. Например, автору известен ряд тиражируемых диалоговых систем, в которых терминал, выключенный в момент запуска системы, в дальнейшем невозможно подключить. В эксплуатации такой режим работы крайне неудобен.

6. **Каналы связи:** тестировать ситуации обрыва и

восстановления связи и работу при различных уровнях помех.

7. **Оператор ЭВМ.** Следует учитывать, что оператор будет работать в сложной обстановке, получая запросы, указания сообщения от тестируемой программы и от всех других программ, одновременно выполняемых на ЭВМ.

8. **Пользователи, работающие за терминалами.** Необходимо проверять работу системы с необученным пользователем и пользователем, делающим всевозможные действия за терминалом.

При тестировании взаимодействий с людьми (п. 7, 8) нужно следить, чтобы возможные ошибки (например, ввод не до конца набранной директивы) и значения по умолчанию соответствовали наиболее безопасной реакции системы.

Взаимодействия с внешней средой в реальных условиях эксплуатации существенно влияют как на надежность и временные характеристики системы, так и на другие виды тестирования. Как правило, характеристики системы оказываются заметно хуже, чем по обычной оценке разработчика. Например, только за счет аппаратурной и системной обработки сбоев на МН время выполнения операций ввода-вывода, часто определяющее в общем времени выполнения программ, увеличивается в 2...3 раза [17].

Заключение

Для повышения эксплуатационных качеств ПО, получения реальных оценок надежности можно рекомендовать следующие методы:

1. Четкое определение условий эксплуатации в технических заданиях и спецификациях.

2. Применение при разработке ПО специальных методов повышения надежности (минимизация взаимодействий с ненадежными элементами системы; исключение взаимодействий с другими элементами в областях их низкой надежности и неработоспособности; минимизация времени работы и др.).

3. Разработка для всех взаимодействий технологий работы в аварийных ситуациях, обеспечивающих преобразование отказов в автоматически устранимые сбои, и включение в состав ОС или прикладных программ специальных модулей, реализующих эти технологии.

4. Выбор рациональных технологий эксплуатации программных средств.

5. Тестирование взаимодействий ПО со всеми элементами внешней среды.

6. Оценка надежности и временных характеристик ПО с учетом всех видов отказов и при минимально допустимых значениях надежности отдельных элементов.

В статье рассмотрен только один аспект создания ПО — обеспечение ЭН. Необходимо, на наш взгляд, для всех этапов жизненного цикла ПО рассмотреть аналогии в технике. Это позволит во многом перенести богатый опыт, накопленный в машиностроении и других отраслях, на разработку и эксплуатацию ПО.

Имеется ряд примеров, показывающих перспективность такого подхода. Так, при организации производства программных средств на программно-строительном предприятии производительность труда рабочего за счет специализации не менее чем в 10 раз превышает производительность труда программиста при разработке аналогичных программных средств [18]. Для повышения эффективности разработки прикладных программ с успехом начинает применяться макетирование, с давних пор принятое в инженерных разработках [19].

Однако на этом пути имеется много препятствий, главное из которых — негативное отношение многих программистов. Большинство программистов имеет традиционное университетское математическое образование и часто просто не представляет инженерных и технологических проблем. Например, задачи АСУ

считаются самыми простыми и наименее престижными. А ведь эти задачи отнюдь не просты. Просты только алгоритмы расчетов. В отличие от других задач, например выполнения научно-технических расчетов, основные проблемы связаны не с алгоритмами, а с технологией обработки информации, вопросы обеспечения достоверности и надежности.

В настоящее время в теории программирования и технологии разработки ПО есть серьезные достижения, а эксплуатационные, потребительские качества ПО, технология обработки информации явно не соответствуют современному уровню. В решении этих задач в первую очередь требуется инженерный подход.

Телефон для справок: 27-01-25, г. Минск.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трейманис М. О. Об одном классе аварийных ситуаций//Программирование.—1983.—№ 4.—С. 90.
2. Волосков И. И., Гусев В. В., Кущнер Э. Ф. Программа рестарта операционной системы ЕС ЭВМ//Управляющие системы и машины.—1978.—№ 3.—С. 46—49.
3. Муса Дж. Д. Изменение и обеспечение надежности программных средств//ТИИЭР.—1980.—Т. 68, № 9.—С. 113—128.
4. Липаев В. В. Надежность программного обеспечения АСУ.—М.: Энергоиздат, 1981.—241 с.
5. Майерс Г. Надежность программного обеспечения.—М.: Мир, 1980.—360 с.
6. Липаев В. В. Качество программного обеспечения.—М.: Финансы и статистика, 1983.—263 с.
7. Надежность в технике. Термины и определения. ГОСТ 27.002—83.—М.: Изд-во стандартов, 1983.—30 с.
8. Стопалов С. Г. О неоднозначности оценок надежности изделия//Надежность и контроль качества.—1981.—№ 1.—С. 10—15.
9. Методы повышения достоверности и сохранности информации в АСУ//В. В. Кульба, А. Г. Мамионов, В. П. Пелихов, А. В. Шелков//Автоматика и телемеханика.—1985.—№ 2.—С. 5—33.
10. Кавалерчик Б. Я. О повышении эксплуатационной надежности программного обеспечения//Управляющие системы и машины.—1982.—№ 5.—С. 71—76.
11. Кавалерчик Б. Я., Гришкан В. И. О повышении производительности вычислительных систем//Управляющие системы и машины.—1986.—№ 4.—С. 23—27.
12. Андон Ф. И., Деревский В. А., Поляченко Б. Е. Интегрированное мультипрограммирование в ОС ЕС//Управляющие системы и машины.—1982.—№ 5.—С. 58—62.
13. Кавалерчик Б. Я. Об одной эффективной стратегии резервирования информационных массивов в АСУ//Механизация и автоматизация управления.—1983.—№ 1.—С. 27—29.
14. Рейтборт И. М. Пособие для оператора ЕС ЭВМ.—М.: Статистика, 1979.—192 с.
15. Майерс Г. Искусство тестирования программ.—М.: Финансы и статистика, 1982.—176 с.
16. Бураченко Ю. Т. Анализ статистических данных о сбоях технических средств ЭВМ//Надежность и контроль качества.—1981.—№ 4.—С. 56—59.
17. Гаганов П. Г., Просвириин В. Н. Надежность операций обмена информацией с внешними запоминающими устройствами ЭВМ//Надежность и контроль качества.—1984.—№ 10.—С. 30—36.
18. Карась И. З. Опыт функционирования промышленных предприятий по производству программных средств//Микропроцессорные средства и системы.—1985.—№ 1.—С. 36—41.
19. Громов Г. Р. Национальные информационные ресурсы: проблемы промышленной эксплуатации.—М.: Наука, 1985.—240 с.

Статья поступила 22 октября 1986 г.

И. А. Большаков

ПРОГРАММНУЮ ДОКУМЕНТАЦИЮ — ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННО!

А Вы ноктюрн сыграть могли бы
На флейте водосточных труб?

В. Маяковский

1. Введение.

Когда думаешь о вычислительной технике, то первостепенно важным кажется лишь экстренное вооружение надежной аппаратурой специалистов самого широкого круга. Между тем, как только такая аппаратура появляется, возникает не менее острая проблема — получить к ней документацию. Какая-то документация нам всегда достается, но очень остро чувствуется необходимость именно в высококачественных документах, описывающих:

операционные системы и прочие базовые системные средства для системных программистов;

алгоритмические языки и программные средства обработки текста для более широкого круга прикладных программистов;

пакеты прикладных программ и любые иные готовые программные изделия для еще более широкого круга конечных пользователей;

возможные применения вычислительных средств для самой широкой массы, не имеющей отношения к вычислительной технике, но начинающей догадываться о полезности ее применения в своей профессиональной сфере (т. е. не только в НИИ и на заводе, но и в редакции многотиражира, сберкассе, магазине, аптеке, правлении колхоза и т. п.).

Чуть упреждая события, упомянем и потребность в описаниях программных средств широкого (общенародного) потребления, которая сразу возникает с проникновением в сферу быта персональных ЭВМ.

Хотя форма научно-технической и чисто технической документации давно регулируется у нас многочисленными правилами и стандартами, удивительно мало говорилось в литературе о способах наполнения этой документации целенаправленным, легко читающимся, литературно состоятельным текстом. Очищение словесного материала с помощью объявленной К. Чуковский войны против «канцелярита» — это лишь небольшой участок фронта совершенствования того жанра литературы, который быстро становится массовым. И в его сложившемся виде этот жанр устроить нас никак не может.

Наша статья, посвящая постановочный характер, содержит попытку свести воедино ряд требований, которые должны предъявляться к массовой документации на программную продукцию. Не претендуя на какие-либо открытия, автор тщился изложить на бумаге те положения, которые ясны уже многим, но без четкой фиксации которых едва ли возможен прогресс в существе дела.

Наши соображения сформировались на основе: чтения документации по ЭВМ отечественных серий ЕС и СМ, а также литературы наших авторов по той же проблематике; личной практики переводов зарубежных фирменной документации и журнальных статей по программным изделиям; личного опыта построения научных отчетов, публикаций и курсов лекций.

2. Чего не хватает нашей документации?

Рискуя навлечь на себя огонь критики, сформулирую ответ на поставленный вопрос так: нашей документации, а за малыми исключениями и прочей литературе по вычислительной технике и программированию, **не хватает литературного мастерства, рациональной**

структуризации текста, глубокого знания описываемых объектов с позиций пользователя, педагогического такта и хорошего внешнего оформления.

Можно говорить здесь о трудностях роста. Действительно, документация и литература первых десятилетий развития смежных технических дисциплин (например, радиотехники), а также западная фирменная документация по вычислительной технике 10—15 лет назад были далеко не безупречны. Но для эволюционного развития и совершенствования документации в нашем случае нет времени.

Рассмотрим недостающие качества документации подробнее.

3. Литературное мастерство.

Чтобы как-то охарактеризовать литературную обработку текстов, можно либо взять реальные примеры, либо придумать некие гипотетические. Возьмем сначала два примера из документации по ЕС ЭВМ, в которых сквозит неумелый перевод с иностранного языка. Вот образчик беспомощности в части синтаксиса:

программист может установить эти атрибуты явно при помощи DECLARE — утверждения, компилятор может определить все или некоторые атрибуты из контекста, или атрибуты могут быть предположены по умолчанию.

По-русски это, вроде бы, должно выглядеть так:

Возможны варианты явного назначения этих атрибутов программистом с помощью утверждения DECLARE, выявления всех или некоторых атрибутов компилятором из контекста или установления их компилятором по умолчанию.

А вот перл оттуда же, нарушающий нормы идиоматического сочетания и опущения взаимосвязанных русских слов:

ПЛ/1 делает очень малые ограничения на употребление имеющихся в распоряжении форм представлений данных или на смешивание различных представлений внутри выражения.

В окончательном переводе это должно значить:

ПЛ/1 налагает лишь незначительные ограничения на использование имеющихся в его составе форм представления данных и на смешивание различных представлений внутри единого выражения.

Теперь обратимся к довольно туманной фразе, заимствованной из документации по СМ ЭВМ:

Каждый пользователь должен зарегистрировать на терминале вход в систему перед тем, как издать команды программы связи с оператором или команды задачи, за исключением команды HELP.

Можно гарантировать, что человек, впервые столкнувшийся с СМ ЭВМ, не поймет, что идет речь о следующем:

Чтобы получить возможность давать через терминал команды специальной программе, осуществляющей диалоговое взаимодействие пользователя с системой, либо любые иные команды необходимо особым образом зарегистрировать на этом терминале вход пользователя в систему. Исключение составляет лишь команда HELP («помогн»), о которой см. ниже.

Введение некоторых внешне пустых слов вроде специальной и особым образом здесь принципиально, ибо указывает те элементы, которые пользователю придется изучить с помощью последующего текста или отдельно. И уж, конечно, подлежат замене слова издать на дать, подать или выдать, ибо издать можно крик или книгу, но едва ли команду.

Рассмотрим далее текст, сочиненный уже нами и притом в двух, в общем, правильных вариантах, различающихся литературной обработкой.

В а р и а н т 1.

В течение 15—20 последних лет производимые с помощью АЦПУ машинные документы были таки-

ми, что пользователи в значительной мере отвыкли обращать внимание на то, что все буквы в распечатках — большие. Пользователи успешно читали и понимали в этом виде тексты как на русском, так и на английском языках. Если же распечатка содержала и малые буквы, употребленные в соответствии с орфографическими правилами использования букв разной величины, то при условии ровной и контрастной печати это доставляло пользователям особое удовлетворение.

В а р и а н т 2.

Машинные распечатки последних 15—20 лет прочно приучили нас игнорировать регистр букв. Мы читаем и понимаем русские и английские тексты, набранные одними прописными буквами, не хуже, чем опознаем черно-белые изображения предметов, реально — цветных. Но глядя на распечатку с правильным чередованием буквенных регистров, мы приятно поражены, особенно, если печать ровна и контрастна.

Вариант 1, несомненно, понятен, морфологически и синтаксически правилен, стилистически однороден. Но, на наш взгляд, в больших дозах такой стиль вызывает глубокий сон. Именно на основе таких «опусов» новичок из внетехнической среды создает представление о научно-технической сфере как о чем-то невыносимо нудном.

Вариант 2 практически совпадает с первым по смыслу, не менее логичен, но отличается той неформальностью изложения и стилистической раскованностью, которую ревнители строгого стиля назовут развязностью. Между тем лучшие образцы научно-популярного жанра, газетно-журнальный поток, да и художественная литература приучили многих к тому, что тексты второго типа воспринимаются лучше. Да и диапазон от нудности до «развязности» заметно шире, чем обычно представляется.

Использованные в варианте 2 стилистические приемы нехитры:

автор как бы становится на точку зрения читателя, объединив себя с ним («мы читаем и понимаем»);

вместо не всем знакомой аббревиатуры АЦПУ и канцелярских выражений (машинные документы, в существенной мере, то обстоятельство, что) использованы синонимические перифразы;

для облегчения восприятия введена наглядная аналогия вида

одно регистровая печать ≈ черно-белое изображение
двух регистровая печать ≈ цветное изображение

вместо не вполне литературных большие/малые буквы использованы их вполне литературные синонимы прописные/строчные буквы;

бесстрастное особое удовлетворение заменено более экспрессивным приятно поражены;

везде, где можно, произведена сохраняющая смысл компрессия (по количеству слов — почти на 30%);

особо сложные синтаксические конструкции (что... ..что) исключены.

Это, конечно же, условный пример. Хорошие популяризаторы науки и журналисты владеют намного более широкой палитрой литературных приемов и средств. Достаточно вспомнить лучшие образцы популяризации физических знаний, а в области радиотехники — известные в 50—60-х годах книги акад. А. А. Харкевича

Для литературной формы важен также тщательный отбор и рациональное варьирование лексики, нашим примером почти не затронутые.

Специальную лексику следует максимально увязывать с терминологией, принятой в прочей литературе по

проблеме. При засилье англоязычной и переводной с английского языка литературы не следует впадать здесь в крайности.

Одна из них — языковой пуризм. Например, слово экран иногда используется вместо дисплей, а ведь экран — это часть дисплея, да и слово экран тоже не русское. Чуть более ранний пример пуризма — отказ от заимствования слова string. В итоге англ. string, line и row, совершенно разные по смыслу, приходится переводить одинаково, как строка (line — иногда как строчка).

Другая крайность — некритические заимствования. Например, такт (цикл работы) часов реального времени называют тиком по англ. tick.

Отбор лексики отнюдь не противоречит тем, пусть ограниченным заменам имен упоминаемых объектов, которые столь необходимы для разрушения убогой монотонности технического стереотипа изложения. Если на двух-трех смежных строках 8—10 раз повторяется одно и то же слово или словосочетание, это раздражает читателя. Правда, эквивалентные замены для терминов вычислительной техники и программирования практически не изучены, и они еще должны творчески создаваться в новых текстах и закрепляться в словарях.

Но если верен тезис о лучшей усвояемости «литературных» текстов, то неизбежен вывод — заметная часть либо вся техническая документация, нацеленная на массового читателя, должна быть литературно живой, даже занимательной, апеллировать к бытовой сфере и литературным реминисценциям, прибегать порой к перифразам, сравнениям, метафорам и даже образам. Немаловажно также чувство юмора, не направленное на читателя.

4. Структуризация и внешнее оформление.

Проблема структуризации научно-технического документа многогранна. Наиболее важно, на наш взгляд, следующее.

1. Документацию, посвященную одному программному изделию (системе, пакету программ и пр.), полезно подробно расчленить. Отдельные документы из возникающей при этом совокупности разумно считать некой иерархической структурой.

2. Пути разного направления и протяженности от вершины иерархии должны соответствовать интересам отдельных групп пользователей с разными интересами и уровнями подготовки — системных и прикладных программистов, специалистов по информационному обеспечению, операторов, если таковые нужны, и пр.

3. В вершине иерархии лучше всего расположить путеводитель по документации в целом, указывающий порядок и степень тщательности, с которыми следует читать отдельные документы разным группам пользователей. В начале каждого иного документа следует давать отсылки к другим документам совокупности, если они являются в конкретном случае необходимыми предпосылками понимания. Отсылки к источникам внешней сферы, например к книгам, нежелательны, поскольку документация по изделию, взятая в совокупности, должна быть практически самодостаточной.

4. Членение документа на разделы и подразделы нужно согласовать с эвристическим принципом построения больших систем: наибольшее число логических связей должно замыкаться в рамках одного раздела, а размежевание должно производиться по линиям «наиболее легкого разлома».

5. Изложение разумно строить так, чтобы отсылки к другим разделам того же документа были нужны редко — приведенный материал уже усвоен, а в последующем еще не возникло необходимости. В отдельных случаях могут даваться отсылки назад к разделам, не включающим текущий подраздел. Отсылки же вперед заменяются, как правило, кратким пла-

ном изложения, предпосылаемым каждому крупному разделу. Этот план должен отличаться от простого оглавления указанием принципов (мотивов) расчленения материала.

6. Допускаются документы, по существу дублирующие друг друга, но с разной степенью детализации материала. Документ, стоящий ближе к вершине иерархии, служит начальным учебником, преследующим ограниченные цели «натаскать» читателя-новичка, а другой документ должен объяснить все до конца, адресуясь к читателю с более солидной подготовкой. Впрочем, чтение «букваря» не будет обижать и профессионала, если система ему совсем не знакома. Действительно, такие вещи, как совокупность пользовательских команд, профессионалу нужно запомнить точно так, как новичку.

7. Внутри документа должен действовать принцип постепенного «раскручивания спирали» детализации. Аннотация указывает общую проблематику документа, но практически ничего не сообщает о средствах, которыми эта проблематика будет раскрываться. Введение повторяет аннотацию, но заметно более развернутыми периодами, поясняя используемую далее терминологию и давая план дальнейшего изложения, который можно проиллюстрировать блок-диаграммой логических связей между частями. Весь прочий материал документа, без забегания вперед и логических лакун, воплощает намеченный план. Посылки введения при этом могут снова повторяться, но с исчерпывающими разъяснениями.

8. Если путь к полному овладению материалом документа очень не близок, целесообразно начать изложение с простенького (даже выхолощенного) примера — характерного диалога программной системы с пользователем и т. п. Подробности примера читатель на этом этапе схватить еще не может, и очень важно успокоить его на этот счет, обратив внимание только на основные моменты. При удачном примере у читателя появится предвкушение полного понимания, будет разбужден дополнительный интерес, который и поможет пройти весь тяжкий путь познания.

9. Внутри документа иногда рекомендуется повторять один и тот же материал, первый раз — в разбивке по логическим рубрикам, а второй — по формальным признакам, облегчающим поиск (например, по алфавиту). Это особенно касается наборов пользовательских команд, способ запоминания которых заранее не известен. Поисковый аппарат в виде предметного указателя в конце документа даст отсылки к обоим описаниям.

10. Перечисления, будь то в оглавлении, предметном указателе или описаниях отдельных свойств объектов, даже вырванные из контекста, должны составлять единую логическую систему. Например, фрагмент оглавления

Режимы работы

- Диалоговый режим при готовом тексте
- Диалоговый режим при вводе нового текста
- Пакетный режим

представляется удачным, а вариант

Режимы

- Готовый текст
- Новый текст
- Пакетная работа

демонстрирует ту простоту, которая хуже воровства.

11. Все соподчиненные элементы внутритекстовых перечислений, какими бы развернутыми они ни были, обязаны быть синтаксическими и семантически однородными в строгом соответствии с требованиями так называемого логического редактирования. Например, перечисление

- модульность,
- структурность,
- самодокументальность

безупречно, а вариант

- модульность программ,
- программы структурны,
- пользователю следует позаботиться о их самодокументальности

никуда не годится. (Читателю не стоит обижаться на тривиальность подобных поучений; при пунктах в 80—100 слов, разорванных переходами со страницы на страницу, все когда-нибудь впадают в подобные ошибки.)

12. Разделы низшего уровня лучше брать небольшими (до 3—4 страниц) и варьировать по размеру не более чем в 3—4 раза. По нашему мнению, структурная красота заключена здесь в соразмерности частей. Очень малые разделы (3—5 строк) все же допускаются, чтобы привести лишь отсылку или оттенить недостаточную пока изученность, но логическую важность вопроса. Избегать очень крупных разделов можно, либо слегка перераспределяя материал между смежными разделами, либо расщепив разделы на подразделы. Если ни то, ни другое не подходит, можно наметить где-то в середине крупного раздела логическую паузу и ввести здесь повторяющийся заголовок вида <название разбиваемого раздела> (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

13. Как требует система проектной документации (ЕСПД), документы следует делить на разделы и подразделы, пользуясь при этом иерархической нумерацией вида 1, 1.1, 1.1.1, 1.1.2, ..., 1.2, 1.2.1, ... Как правило, подразделы Q, п, где Q — произвольный структурный номер, а $p=1, 2, \dots$, покрывают весь раздел Q, не оставляя ни строки текста, не охваченного подразделами п. Пункты перечислений, не претендующие на дальнейшее дробление включающего раздела, если они занимают лишь по одному абзацу и не предполагают ссылок на них по номеру, даются с предшествующим тире.

14. Следует тщательно продумать и строго соблюдать способы выделения заголовков разных уровней иерархии. В однорегистровом (только прописными буквами) машинном документе этот вопрос особо сложен — приходится прибегать к разным способам подчеркивания или создания орнаментальных рамок. Для машинописных текстов требования сформулированы в рамках ЕСПД, но они не всегда хорошо отграничивают части текста. Наилучшие условия в большой полиграфии. Здесь есть возможность выбрать гарнитуру и кегель заголовков, а в идеале — иногда использовать многоцветную печать.

15. Примеры, рисунки, таблицы, формулы и даже страницы следует нумеровать независимо по разделам в виде m, n, где m — номер раздела высшего уровня иерархии, n — номер внутри раздела. Для иллюстративного материала это согласуется с ЕСПД, для формул — не противоречит, но для страниц наши нормы проявляют упорный консерватизм. Между тем, если допускать еще и вставные номера страниц типа m, n, x, где $x=a, b, v, \dots$, то это позволяет заменять устаревшие страницы на новые (в том числе — более многочисленные) без передвигки номеров страниц, сохраняемых в прежнем виде. (Если такую документацию хранить в скоросшивателе, то частичная замена листов оказывается делом нескольких минут.)

16. Каждое новое поколение (версия, редакция) описываемого изделия обязано снабжаться полной документацией с номером поколения на титульном листе, точно соответствующим таковому у самого изделия. Нет ничего хуже, когда изделие не соответствует личной документации.

5. Знание описываемого предмета.

Долгое время я и нас, и за рубежом бытовало представление, что никто не может описать программное изделие лучше, чем его создатель. Если речь идет об описании собственно программы (составляющих модулей, их взаимосвязи и функций, методов организа-

ции данных и т. п.), то с этим безусловно следует согласиться и сейчас. Но если иметь в виду документы, адресованные широкому пользователю, то ему этой «кухни» обычно знать не нужно.

Чаще всего пользователь ищет общее описание системы, описание ее применения, руководство пользователя. Иногда ему достаточно даже краткой (2—3 странички) листовки, описывающей общее назначение системы. Как раз это создатели программ часто не могут описать понятно, и подобное явление хорошо известно в истории науки. Так, теорию относительности нам очень трудно понять по трудам Эйнштейна, для этого оказываются нужными методически более совершенные книги его последователей.

Документацию для массового пользователя следует писать как бы с позиций этого пользователя. Совокупность его представлений о программном изделии должна составлять легко схватываемую, непротиворечивую концептуальную модель, позволяющую только работать с изделием. Эту модель и нужно внушить пользователю в документе.

Возьмем в качестве примера диалоговую систему обнаружения и исправления орфографических ошибок в текстах на естественном языке. Пусть действие системы основано на словарном принципе: каждое слово текста по отдельности отыскивается в словаре, приданном системе. Если данное слово там имеется, оно пропускается незамеченным, а иначе предлагается пользователю для выработки приказа (исправить, запомнить и т. п.).

Ядром системы с позиций ее создателя является именно словарь — он может быть сложно структурированным, распределенным по иерархической памяти, снабженным программными средствами морфологического анализа, сжатого кодирования слов и т. п. Но если система функционирует так, что ни на одном шаге работы с ней эти свойства внешне никак не проявляются, если не считать самого факта запоминания незнакомых слов по требованию пользователя, то ему достаточно сообщить в описании только принцип действия системы — наличие словаря. Во всем прочем пусть система останется для пользователя «черным ящиком» с четко определенными реакциями на каждую из подробно описываемых команд: ПРИНЯТЬ слово, как оно есть, ЗАПОМНИТЬ его на будущее, ЗАМЕНИТЬ на иное слово в данном месте, ПОДМЕНИТЬ на иное слово везде далее и т. п.

Пожалуй, способный пересказчик с жилкой агента по сбыту для описания системы полезней, чем ее создатель. Программист часто органически не может встать на точку зрения пользователя, у него совсем иная концептуальная модель того же объекта.

Идеально, если взявшийся описать изделие специалист сам поработал бы с ним, конкретно ничего не зная о нем заранее, но имея опыт общения с другими подобными изделиями. Выходит, что если программное изделие является, например, компилятором, то этот специалист в какой-то степени должен быть программистом. Имеется в виду, конечно, прикладной программист, не входящий в детали компиляции, но интересующийся правилами исполнения всех операторов языка и диагностикой всех его ошибок.

Хотелось бы подчеркнуть, что владение приемами прикладного программирования вовсе не означает, что специалист должен заниматься им как самоцелью. Для составления толкового описания гораздо важнее осознать изделие в широком его контексте.

Контекст понимается здесь как мировой и отечественный уровень изделий, подобных описываемому, плюс весь возможный спектр его применений, плюс исходный уровень подготовки наших пользователей, на который можно смело опираться в тексте. Ни один факт не может быть осознан вне своего контекста — это общее место, которое вполне уместно вспомнить,

6. Педагогическое мастерство.

Педагогический такт в научно-технических документах должен выражаться в отчетливости, последовательности и плавности. Попробуем придать этим словам несколько большую конкретность.

1. Все исходные термины следует вводить строго последовательно, каждый очередной из них может опираться только на уже введенные. Для вычислительной техники, где терминология только складывается и даже соседи по рабочей группе часто понимают некоторые термины по-разному, это особенно важно. К тому же крупные программные системы нуждаются в своих собственных терминах. Там, где идет речь о сущностях, которые пользователю могут быть не вполне знакомы, лучше перестраховаться, дав этим вещам краткое определение или пояснение и предварив оговоркой «Как известно, ...». Те, кому это пока не известно, будут благодарны, а прочие не обидятся.

2. Должны эксплицитно обозначаться связи между объектами в смежных предложениях и внутри сложных предложений. Вот пример текста, где эти связи (называемые лингвистами анафорическими и темо-рематическими) специально подчеркнуты:

...Была предложена система для проверки текстов. Эти тексты должны относиться к научно-технической сфере. Последняя включает произвольные документы научно-технического характера.

Немотивированная смена порядка слов в таких предложениях, а также устранение явных связей между фразами делает текст трудно усваиваемым или вообще непонятным. Документация же — это не тот жанр, где логические лакуны создаются специально, чтобы читатель томился в неведении и догадывался сам.

3. Необычайно важно дать обильный иллюстративный материал — примеры, рисунки, диаграммы, таблицы. Они должны быть графически выделены из прочего текста. Где нужно, к ним должен приложить руку художник-оформитель, обладающий чувством меры и юмора. Рядом с заголовками бывают полезны микро-таблицы (пиктограммы, эмблемы) чисто мнемонического назначения, характеризующие адреса раздела, условия применимости описываемого раздела, факультативность и т. п. Если, например, описываются команды, применимость которых зависит от режима работы, то допустимость конкретной команды в 1-м и 3-м из трех возможных режимов легко схватывается по диаграмме вида



4. О раскручивании спирали от простого к сложному уже говорилось. Это средство не в меньшей мере относится к педагогической методологии.

7. Вместо заключения.

Прочтя статью, читатель явно усомнится, сможет ли удовлетворить всем приведенным (и иным не затронутым) требованиям программист, честно и квалифицированно занимающийся своим прямым делом — программированием. Эти сомнения будут обоснованными. Видимо, назрела потребность в новой профессии — профессии технического писателя. Но пока такой профессии не существует, программистам придется самим заботиться о коммуникациях с пользователями, не слишком полагаясь на научных и технических редакторов. Только хорошая документация позволит быстро решить проблему второго ликбеза, о которой говорят академики А. П. Александров и А. П. Ершов, — усвоения основ вычислительной техники и программирования многомиллионной массой наших людей.

Телефон для справок — 155-45-15 (Москва).

Статья поступила 13 июня 1986 г.

УДК 681.32

С. Л. Подвальный, О. Я. Кравец, Ю. А. Михин

ШКОЛЬНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Многопользовательскую одноязыковую интерактивную систему разделения времени, разработанную для микроЭВМ типа «Электроника 60», можно использовать автономно для обучения программированию на Бейсике и в качестве нижнего уровня локальной сети. Это позволяет эмулировать практически все ресурсы ЭВМ верхнего уровня и применять различные многопользовательские обучающие программы (для школ, ПТУ, УПК страны).

Достоинство предлагаемого комплекса — отказ от дорогих и ненадежных периферийных устройств для системных целей. В предлагаемом комплексе использовано серийное оборудование, поэтому основное внимание здесь уделяется программному обеспечению.

Адаптивная многотерминальная интерпретирующая система (АМИС) обеспечивает загрузку в память подлежащих выполнению пользовательских программ, выполнение двух и более программ на одном процессоре, гарантию ответа, защиту программы и ее данных от влияния других программ и пользователей, а также восстановление своего состояния при некатастрофических сбоях.

В качестве системного носителя применено репрограммируемое ПЗУ, позволяющее отказаться от накопителей на магнитных дисках для хранения ОС и поднять надежность системы в целом. Стратегия выбора работы обеспечивает максимальное увеличение пропускной способности системы [1] для распределения памяти с несколькими непрерывными разделами, число и размер которых фиксируются после генерации АМИС в процессе начального диалога. В любой момент времени функционирует несколько заданий (каждое в своем виртуальном процессоре), исполняемых либо физическим процессором, либо готовых к исполнению виртуальным процессором.

Планировщик (высокоприоритетный процесс) выбирает готовый к выполнению процесс, обрабатывая события, поступившие от подсистемы анализа команд, и выделяет ему виртуальный процессор. Диспетчер активизирует очередное задание, находящееся в состоянии готовности, и реализует стратегию предоставления всем пользователям одинаковых услуг с минимизацией среднего времени реакции системы [2].

АМИС содержит единственную очередь процессов. Применена циклическая (20 мс) дисциплина перераспределения процессора. Если задание находится в заблокированном состоянии, когда подошла его очередь, то оно переставляется в конец очереди и не активизируется, пока не произойдет заблокировавшее его событие. Такое решение придает программному обеспечению (ПО) адаптивный характер.

Все процессы системы независимы и используют независимые множества переменных. Задачи между собой могут связываться только через устройство ввода-вывода (УВВ) или полудуплексный почтовый ящик, управляемый инвертируемым двоичным семафором. Каждому терминалу соответствует собственный процесс. Обмен между ними эквивалентен обмену между терминалами. Передаваться могут пользовательские программы и данные.

Для предотвращения конфликтов используется числовой семафор. Работа УВВ обслуживается супервизором по дисциплине очереди FIFO. При этом каналы к УВВ выделяются и освобождаются динамически с появлением и удовлетворением заявки на использование УВВ.

Система запускается через свой монитор, производящий необходимые инициализации и запуск интерактивной подсистемы ввода, или через цепочки НАЧАЛЬНЫЙ ЗАГРУЗЧИК—АБСОЛЮТНЫЙ ЗАГРУЗЧИК—МОНИТОР (при вводе ОС с внешнего несистемного носителя). Для АМИС не требуется никаких периферийных

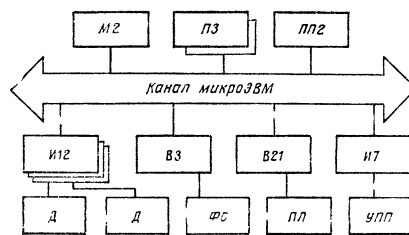


Рис. 1. Структура технических средств школьного комплекса:

М2 — центральный процессор; ПЗ — ОЗУ 16К слов (до 2); ПП2 — ППЗУ 4К слов; И12 — интерфейс последовательный двуканальный (до 9); Д — дисплей (до 18); В3 — интерфейс фотосчитывателя; ФС — интерфейс перфоратора; ПЛ — интерфейс печатающего устройства УПП

устройств, инициаторами обращений к ним являются пользовательские программы.

АМИС реализована на основе микроЭВМ «Электроника 60М» с процессором М2. Терминалы подключаются к единому каналу обмена информацией через устройства последовательного обмена (рис. 1). Такая минимальная конфигурация может быть докомплексирована различными УВВ.

Для работы АМИС используется вся оперативная память ЭВМ (минимум 4К слов, диспетчер памяти не поддерживается), объем которой вместе со степенью сложности решаемых задач определяет оптимальное число пользователей, задаваемое при генерации ОС (генерация на заданное число терминалов при хранении системы на РПЗУ происходит в течение 1,5 с). Авторы рекомендуют применять вариант генерации на 6...8 мест, хотя ПО и технические средства позволяют обслуживать до 18 терминалов.

Опыт практической работы с АМИС различных категорий пользователей (школьники, студенты, преподаватели) показал, что в течение двухчасового занятия каждый из них в среднем запускает 5...7 заданий на выполнение. В зависимости от сложности решаемых задач и числа N одновременно работающих пользова-

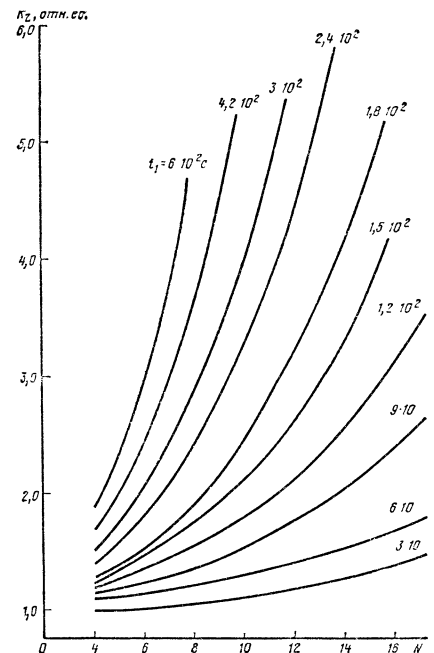


Рис. 2. Зависимость коэффициента увеличения времени решения задач в многопользовательском режиме от числа терминалов при различных временах одотерминального обслуживания

Таблица

N	τ_0 , с									
	30	120	180	240	300	360	420	480	540	600
4	11,1	21,4	30,9	39,5	47,3	54,1	60,2	65,4	70,0	74,0
6	16,6	31,9	45,5	57,2	65,9	74,7	80,8	85,5	89,1	91,8
8	22,1	42,0	59,0	72,4	82,1	88,7	93,0	95,7	97,3	98,3
10	27,5	51,9	71,2	84,4	92,1	96,2	98,2	99,1	99,6	99,8
12	33,0	61,3	81,5	92,5	97,3	99,0	99,7	99,9	99,9	100
14	38,3	70,0	89,4	97,1	99,3	99,8	99,9	100	100	100
16	43,7	77,9	94,7	99,1	99,9	100	100	100	100	100
18	46,9	84,7	97,8	98,8	100	100	100	100	100	100

телей реальное среднее время ответа τ_m увеличивается по сравнению со временем однопрограммного выполнения τ_0 . Их отношение $K_a = \tau_m / \tau_0$ может служить характеристикой загрузки системы и позволяет решать вопрос о генерации АМИС на необходимое число терминалов (без возникновения психологического дискомфорта пользователей). Результаты, позволяющие оптимально выбрать вариант генерации АМИС, приведены на рис. 2.

Другой характеристикой работы системы является степень (%) использования центрального процессора, которая зависит от числа терминалов N и среднего времени однопрограммного выполнения τ_0 (см. таблицу).

Длительная эксплуатация системы [3] подтвердила эффективность реализации описанных решений при обучении школьников, учителей, студентов и преподавателей института.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кейлингерт П. Элементы операционных систем. — М.: Мир, 1985. — 295 с.
2. Феррари Д. Оценка производи-

- тельности вычислительных систем. — М.: Мир, 1981. — 576 с.
3. Подвальный С. Л., Кравец О. Я., Михин Ю. А. Многофункциональная интерпретирующая сис-

тема для микроЭВМ «Электроника 60» // Приборы и системы управления. — 1985. — № 11. — С. 31.

Статья поступила 11 марта 1986 г.

УДК 681.326.001.3

Г. К. Круг, В. А. Кабанов, А. В. Черных

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ ДИАЛОГОВЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ НА МИКРОЭВМ

В Московском энергетическом институте разработаны четыре инструментальные диалоговые обучающие системы (ИДОС)*. В качестве технических средств инструментальных систем широко использованы микроЭВМ, дисплейные классы, сетевые структуры на базе микроили мини-ЭВМ.

Разработка нового обучающего курса в системах ИДОС осуществляется в диалоге: пользователь отвечает на вопросы ЭВМ, определяя тем самым содержание и структуру курса. Предварительная подготовка разработчика включает лишь приобретение общих представлений о возможностях ЭВМ и системы, что составляет не более двух экранных страниц текста. Такая подготовка может быть получена преподавателем за несколько минут работы с ЭВМ и должна предшествовать подготовке необходимых методических материалов по новому курсу.

Для более полной реализации возможностей вычислительной техники целесообразно иметь инструментальные программные системы, ориентированные на определенные области применения и технические средства. В основе систем ИДОС используются общие принципы программированного обучения, но каждая из них имеет свои особенности.

Система ИДОС-1 применяется в составе бездискковых

комплексов микроЭВМ, в которых внешние запоминающие устройства — кассетные накопители на магнитных лентах или устройства ввода с перфолента («Электроника 60», ДВК-1, «Электроника ДЗ-28» и др.). Программные средства системы написаны на языке интерпретатора Бейсик или компилятора Квейсик. Система позволяет студентам составлять и отлаживать свои программы, резервируя при этом 700 операторных строк. Правильность этих программ проверяется автоматически.

Таким образом, ИДОС-1 — универсальная система с минимальными требованиями к составу внешних устройств и простой реализацией основных принципов программированного обучения.

Следующие три системы (см. таблицу) разработаны в ОС РАФОС на микроЭВМ типа ДВК-2 на языках программирования Паскаль (ИДОС-2), Фортран (ИДОС-3), Бейсик (ИДОС-МТ). Каждая система допускает перенос в операционные системы ОС РВ, СР/М на ЭВМ типа «Электроника 85», СМ-3, СМ-4, ЕС-1840, «Искра 1030».

В системе ИДОС-2 предусмотрена значительная адаптация обучения к возможностям студента. В процессе работы постоянно накапливается текущая статистика, включая «трассировку ошибок», представляющую собой последовательность указателей на разделы, в которых были допущены ошибки. Система допускает подключение программных моделей для изучаемой предметной области. Одна из таких моделей, осуществляющая диалоговое моделирование систем автоматического управления, входит в систему.

ИДОС-3 состоит из программы подготовки курсов и обучающей программы.

Обучающая программа реализует обучение в соответствии со сценарием, формируемым при разработке курса автоматически в виде последовательности чисел. В случае необходимости сценарий легко изменить, не затрагивая информационное содержание курса.

Пользователь по своему желанию может изменить порядок изучения разделов, выходить в другие режимы. Для этого существуют специальные директивы.

* Кабанов В. А., Черных А. В. Инструментальные диалоговые обучающие системы. (Методические указания по курсу «Технология применения ЭВМ в обучении. МикроЭВМ ДВК-2».) — М.: МЭИ, 1986.

Т а б л и ц а

Сравнительная характеристика инструментальных систем

Характеристика и условия применения		ИДОС-1	ИДОС-2	ИДОС-3	ИДОС-МТ
Возможность подключения внешней модели предметной области			*	*	*
Итоговый контроль		*	*	*	*
Анализ высказываний	по числовому эталону	*	*	*	*
	по символьному эталону		*	*	*
	сравнение с ответом, конструируемым системой				*
	анализ формул			*	
Генерация вопросов	выдача фиксированных вопросов	*	*	*	*
	случайный выбор из набора		*	*	*
	конструирование системой				*
Самостоятельная работа	режим «калькулятор»			*	*
	самостоятельная работа с программой пользователя	*	*		*
Редактирование курса	вывод структуры курса				*
	изменение структуры курса		*	*	*
	редактирование содержимого курса	*	*	*	*
Статистика	текущая статистика		*		*
	трассировка ошибок		*		
Электронная почта					*

Программа подготовки курсов предназначена для работы на ЭВМ типа «Электроника-85», СМ-3. СМ-4. Использование при создании курсов более мощной ЭВМ обусловлено большим объемом оперативной памяти, необходимой для работы программы, а также стремлением повысить удобство работы за счет большего быстродействия.

ИДОС-МТ — многотерминальная инструментальная диалоговая обучающая система, ориентированная на

микроЭВМ типа ДВК-2, поддерживающая от 1 до 8 рабочих мест, оборудованных дисплеями. Особенность системы — возможность автоматического формирования учебных материалов в процессе обучения на основе конструкций специальной порождающей грамматики, которые определяются преподавателем при разработке курса в диалоге с ЭВМ. Это позволяет эффективно применять систему для обучения естественным языкам, языкам программирования, математической логике.

ИДОС — постоянно развиваемое семейство инструментальных обучающих систем. Дальнейшее их развитие — в создании и реализации эффективной методики обучения на основе предметно-независимых интеллектуальных систем, в развитии их инструментальных возможностей.

За программными средствами обращаться по адресу: 105835, Москва, Красноказарменная, 14, МЭИ, кафедра Автоматики. Тел.: 362-72-78. Кабанов Виктор Александрович, Черных Александр Викторович.

Статья поступила 4 ноября 1985 г.

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

МИКРОЭВМ — ПРЕДМЕТ ДЕТСКОГО ТВОРЧЕСТВА

В Доме пионеров г. Раменское Московской области разработана микроЭВМ, в которой соотношение аппаратно-программных средств выбрано исходя из минимальной стоимости и доступности элементной базы, простоты эксплуатации и возможности расширения применяемых периферийных устройств. Структура микроЭВМ классическая трехштинная. Процессорная часть выполнена на микросхемах серии КР580. В ОЗУ объемом 1К байт применены две микросхемы КР541РУ2, а в ПЗУ — одна К573РФ1. Простейшая клавиатура содержит 17 кнопок. Все кнопки (кроме кнопки «шаг назад» двойного функционального назначения, т. е. после начальной установки) — это кнопки директив монитора. а при исполнении директив — это кнопки ввода шестнадцатеричных цифр. Отображение информации осуществляется шестью семисегментными индикаторами. Нажатие клавиш и зажигание сегментов дешифрируются аппаратно. Монитор объемом 1К байт служит для записи, чтения ОЗУ, пуска программ с задаваемого адреса, тестирования ОЗУ и индикаторов, записи и чтения программ с кассетного магнитофона с их верификацией. Имеются возможности корректировать пошагово содержание ОЗУ, перезагружать программы в новые адреса с коррекцией, вычислять контрольную сумму, вставлять и удалять байты команд с коррекцией адресов остальной части программы. Встроенная в монитор программа счета времени (часов), работающая в режиме прерывания по RST7 от внешнего датчика синхрипульсов с периодом 1 с, позволяет осуществлять привязку выполнения программ к реальному времени. В программное обеспечение микроЭВМ дополнительно входит библиотека программ с плавающей запятой (сложение, вычитание, умножение, деление, \exp , \log , $\sqrt{\quad}$, тригонометрические функции) объемом 2К байт. Применение данной микроЭВМ в учебном процессе показало ее высокую эффективность в обучении детей программированию. Мы полагаем, что многие вопросы компьютеризации обучения, а также автоматизации производства можно успешно решать при использовании микроЭВМ минимальной конфигурации.

Наш адрес для переписки: г. Раменское, Московской обл., ул. Космонавтов, 20, к. 1, кв. 18, Бартнев В. Г.

УДК 681.3—181.4

Н. Ф. Сычев, Е. М. Штеренгарц

ВИРТУАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА 60»

МикроЭВМ «Электроника 60» в стоечном варианте можно применять в качестве обрабатывающего устройства для автоматизации экспериментов и производственных процессов. При этом часто возникает необходимость вести обработку больших массивов данных, принимаемых в реальном масштабе времени. Предлагается интерфейс, позволяющий подключать к ЭВМ «Электроника 60» внешнее оперативное запоминающее устройство (ЗУ) емкостью до 1М байт. При этом алгоритм функционирования интерфейса выбран таким, что ЭВМ не отличает внешнее ЗУ от своей внутренней оперативной памяти. Применяя несколько таких интерфейсов, можно обрабатывать данные с нескольких внешних блоков ЗУ. Иногда для удобства, с точки зрения программы, а также для увеличения скорости обработки к одному внешнему блоку ЗУ подключают два или более интерфейсов.

В предлагаемом интерфейсе использован принцип «окна». Структура адресного пространства микроЭВМ «Электроника 60» позволяет комплектовать ЭВМ различными наборами плат памяти и размещать их в любых местах адресного пространства. Адресное поле «окна» выбрано равным 8К байт. Посредством переключки на плате интерфейса адресное поле «окна» может быть помещено в любую часть общего адресного пространства ЭВМ. Адресное пространство внешнего ЗУ условно разбивается на 128 страниц, и каж-

дая страница отображается однозначно на выбранное «окно» в адресном пространстве микроЭВМ «Электроника 60» (рис. 1). Когда возникает необходимость извлекать информацию одновременно из разных страниц, то можно использовать несколько интерфейсов. Интерфейс содержит регистр номера страницы. Адрес этого регистра расположен в пространстве адресов внешних устройств и через переключки может задаваться для каждой платы интерфейса индивидуально.

В микроЭВМ «Электроника 60» для обмена с внешними устройствами используется единый канал, по которому последовательно передаются и адреса, и данные. Этот же алгоритм использован и для обмена информацией с внешним ЗУ. Однако канал внешнего ЗУ доступен не только микроЭВМ «Электроника 60», по нему может поступать информация для записи в память от различных датчиков, поэтому в архитектуре внеш-

него ЗУ имеется схема доступа, позволяющая занимать канал ЗУ.

Интерфейс (рис. 2) собран на половине стандартной платы ЭВМ и работает в точном соответствии с алгоритмом обмена, принятым в этой машине. Номер страницы передается семью младшими разрядами. Адрес регистра страниц расшифровывается, и по сигналу КВВОД записывается номер страницы в регистр номера страницы.

Интерфейс выставляет сигналы на внешние шины только при получении от внешнего ЗУ сигнала ОТВЕТ, который выдается по сигналу ЗАПРОС, вырабатываемому в схеме интерфейса. Таким образом, связь с внешним ЗУ осуществляется в асинхронном режиме с временем доступа 1...2 мкс, если внешнее ЗУ работает одновременно по двум направлениям, и 100 нс, если внешнее ЗУ свободно.

При обращении к внешнему ЗУ адрес, передаваемый по шинам ЭВМ (старшие три разряда), расшифровы-

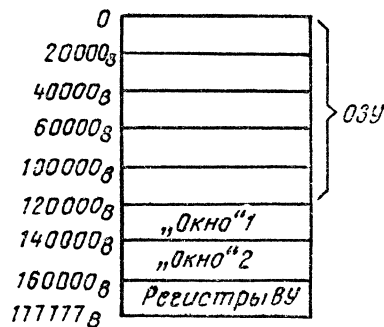


Рис. 1. Пример расположения «окон» в адресном пространстве микроЭВМ «Электроника 60»

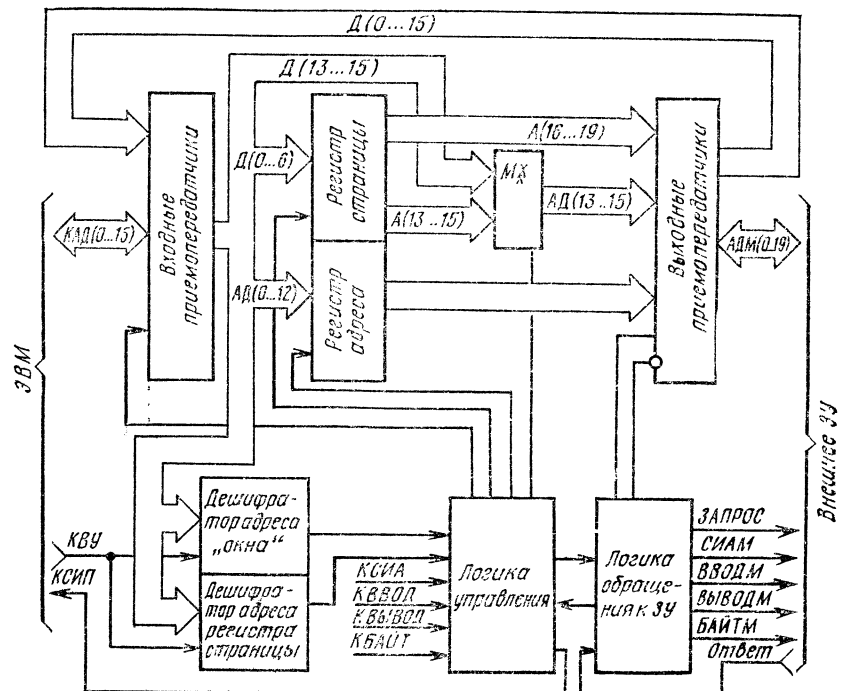


Рис. 2. Функциональная схема интерфейса

вается дешифратором адреса «окна» и разрешает работу схемы логики управления, которая вырабатывает сигнал ЗАПРОС и запоминает 13 младших разрядов адреса в регистре адреса. При поступлении сигнала ОТВЕТ адрес с регистра адреса и регистра номера страницы через выходные передатчики поступает на шины внешнего ЗУ. Выдача адреса сопровождается сигналом СИАМ. В режиме чтения на внешнее ЗУ выдается сигнал ВВОДМ, по которому выходные приемопередатчики переводятся в режим приема и внешнее ЗУ посылает информацию на интерфейс. Принятая информация с выходных приемопередатчиков передается на входные, с которых поступает на шины ЭВМ. В схеме логики управления вырабатывается сигнал КСИП.

В режиме записи по шинам ЭВМ после адреса поступают данные, однако в цикле обмена задержка на время доступа никак не учитывается, поэтому адрес (13 младших разрядов) временно хранится в регистре адреса.

После выдачи адреса на шины внешнего ЗУ регистр адреса переключается в режим сквозной передачи (сбор на триггерах-зашелках К155ТМ7) и информация с входных приемопередатчиков через регистр адреса и выходные передатчики поступает на шины внешнего ЗУ, затем вырабатывается сопровождающий импульс ВЫВОДМ. Регистр номера страниц не может работать в режиме сквозной передачи, поэтому для передачи старших трех разрядов информации используется мультиплексор Мх, пропускающий адрес, а затем данные.

На внешнее ЗУ поступает также сигнал БАИТМ, что обеспечивает полную совместимость по алгоритмам обмена внешнего ЗУ и внутренних ячеек адресного пространства микроЭВМ «Электроника 60».

При работе на ЭВМ со стандартным программным обеспечением (ПО) использование предлагаемого интерфейса не вызывает осложнений, так как «окна» не пусты. Поэтому ЭВМ посредством ПО не обнаруживает наличия «окна», и все стандартные загрузки и другие программы работают так же, как и без интерфейса. Поскольку подключаемое ОЗУ предназначено для приема и хранения информации, подлежащей обработке, разработка подпрограммы переключения страниц не представляет труда, так как она работает не с памятью, а с номером страницы, который расположен в адресном пространстве внешних устройств. Эта подпрограмма является частью всей обрабатываемой программы.

Проведенные испытания показали надежную работу интерфейса. Интерфейс собран на элементах серии К155, в качестве входных и выход-

ных приемопередатчиков использованы элементы К589АП26.

Телефон для справок: 4-13-61, г. Краснодар

Статья поступила 21 февраля 1986 г.

Примечание редакции. Предложенный авторами вариант диспетчеризации памяти большого объема работоспособен, но, на наш взгляд, недостаточно удачен, так как не позволяет работать со стандартными операционными системами. Например, в ОС РАФОС при рекомендуемом расположении «окна» его частично бу-

дут занимать резидентный монитор RMON и драйверы устройств, и при переключении «окон» операционная система будет разрушена. При пользовании разработкой необходимо гарантировать, чтобы область ксдов программы была расположена вне области «окон». В ОС РАФОС для этого можно запретить автоматический поиск границы оперативной памяти и назначить область загрузки ОС под нижнюю границу «окна», что, впрочем, уменьшит объем ОЗУ, доступный прикладным программам.

УДК 681.3.07—681.327

Е. А. Ходаковский

СОПРЯЖЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРА С «МЕДЛЕННЫМИ» УСТРОЙСТВАМИ ВВОДА-ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ

При конструировании контроллеров на базе микропроцессора (МП) КР580ВМ80А возникает задача сопряжения центрального процессора (ЦП) с объектом управления (ОУ) по быстродействию. Если ОУ имеет достаточное быстродействие, то в таком сопряжении нет необходимости. В практике часто приходится иметь дело с инерционными ОУ (электромагнитными приводами, реле, КМОП-микросхемами и др.), не успевающими отреагировать на сигналы ЦП ($I/O\bar{W}$, $I/O\bar{R}$, $M\bar{W}$, $M\bar{R}$), имеющие при тактовой частоте 2,5 МГц длительность 400 нс. В этом случае необходима организация обратной связи с ОУ на МП.

В схеме (рис. 1) при обращении ЦП к порту с низким быстродействием активизируется соответствующий вход \bar{CS} . В ответ на это ОУ устанавливает «Лог. 0» на входе READY ЦП и выдерживает время, достаточное для обеспечения приема (передачи) данных.

Устройство, обеспечивающее организацию сигнала «Подтверждение пе-

редачи данных» (ППД), — аналоговый одновибратор. В примере организации интерфейса (рис. 2) сигнал ППД формируется при взаимодействии ЦП с двумя портами, имеющими различное быстродействие. При обращении ЦП к первому порту активизируется линия $\bar{CS}1$, сигнал которой совместно с сигналом SYNC и $\Phi 1$ запускает одновибратор DD3.1. При этом элемент DD5.1 формирует «Лог. 0», обеспе-

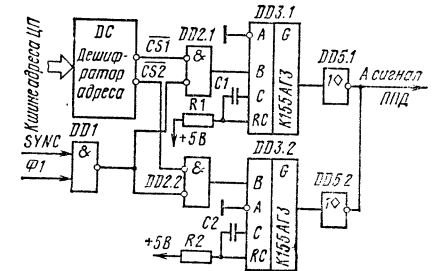


Рис. 2. Интерфейс сопряжения ЦП с «медленными» портами на основе аналоговых одновибраторов

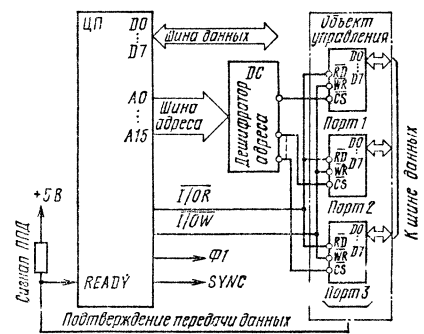


Рис. 1. Функциональная схема взаимодействия ЦП с портами ввода-вывода

чаивающий временный останов ЦП. При обращении ЦП ко второму порту активизируется линия CS2 и аналогично запускается одновибратор DD3.2. Сигналы ППД через инверторы DD5.1 и DD5.2 (с открытым коллектором) «собираются» в точке А, реализующей функцию «Монтажное ИЛИ».

Длительность задержки сигнала ППД при обращении к первому порту обеспечивается цепочкой R1C1, а при обращении ко второму порту — цепочкой R2C2. Очевидно, что такое построение схемы не обеспечивает должную временную точность выполнения программы из-за нестабильности аналоговых одновибраторов. Кроме этого, из-за технологического разброса RC-цепочек время выполнения

МОДУЛИ СИСТЕМЫ ЦИФРОВЫХ ЗВУКОВЫХ ПРОЦЕССОРОВ И СРЕДСТВА ОТЛАДКИ

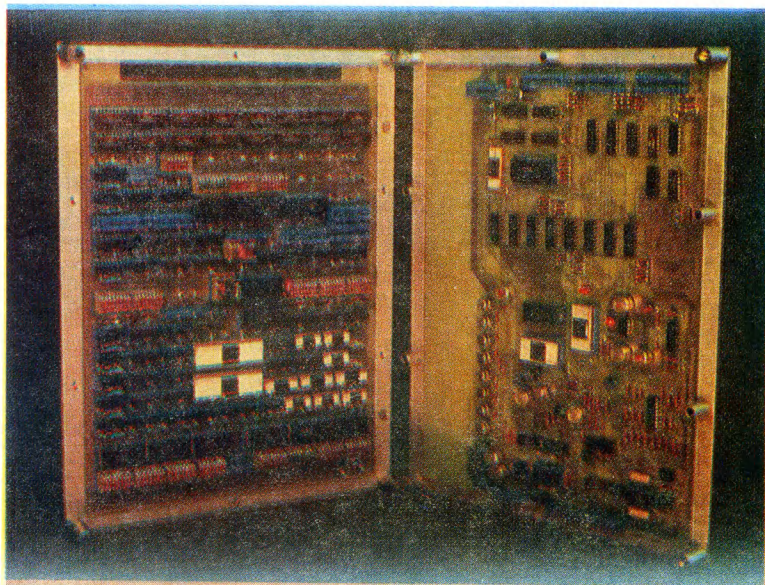


Рис. 1

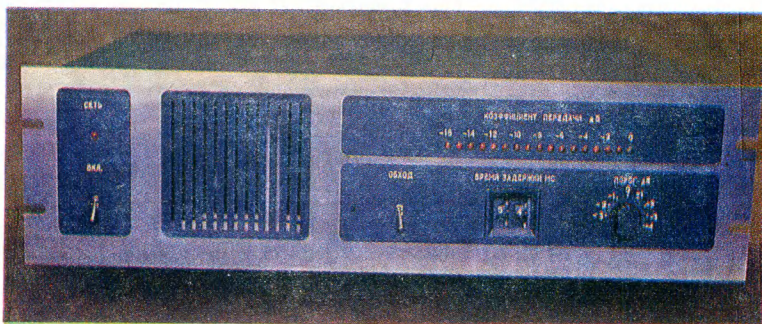


Рис. 2

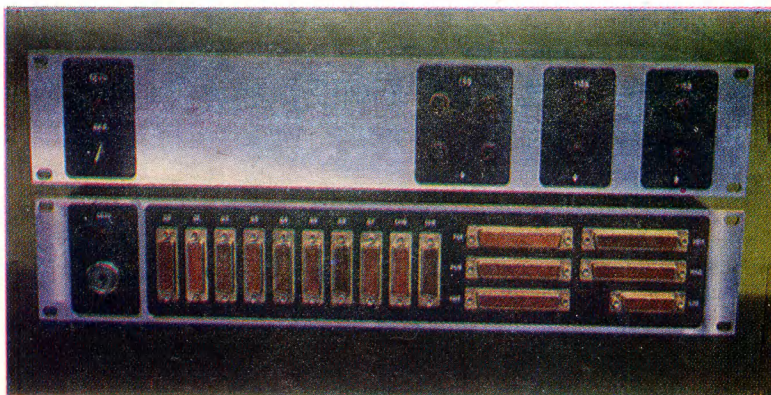


Рис. 3

(К ст. Ю. Н. Барышненкова и др.).

В лаборатории электроакустики НИКФИ разработан ряд аппаратных и программных модулей цифровой обработки звуковых сигналов в реальном масштабе времени. Объединение двух основных модулей: специализируемого процессора и двухканального модуля АЦП/ЦАП, представленных на рис. 1, и ряда вспомогательных модулей образует минимальную конфигурацию аппаратных средств, необходимых для построения автономных приборов.

Модуль АЦП/ЦАП монтируется на печатной плате, а для изготовления процессора используется технология монтажа накруткой. Последняя не только ускоряет переход от схемы к реальной плате, но и позволяет минимизировать длину соединительных линий, улучшить охлаждение микросхем.

Один из таких приборов — **аналого-цифровой лимитер**, предназначенный для ограничения динамического диапазона звуковых сигналов, показан на рис. 2. Прибор смонтирован в 19-дюймовом конструктиве высотой 3U ($U=44,45$ мм) в соответствии с ГОСТ 26.204-83.

Программа ограничения мгновенных значений звукового сигнала записана в ПЗУ. Применение лимитера дает возможность сформировать звуковой сигнал, в котором отсутствуют выбросы, превышающие установленный порог срабатывания. При этом время срабатывания равно нулю.

Частотный диапазон, Гц . . .	20 . . . 16000
Коэффициент полных гармонических искажений, % . . .	0,1
Входной динамический диапазон, дБ	90
Время восстановления, с	10^{-3} . . . 10^3
Частота дискретизации, кГц	40
Габариты, мм, не более	$482 \times 132,5 \times 450$
Масса, кг, не более	10

Комплекс средств разработки и отладки (рис. 3) предназначен для отладки звуковых процессоров, построенных на основе разрядно-модульных микропроцессорных секций. Работа на комплексе может проходить в режимах программирования и исполнения микропрограмм. Предусмотрена также возможность оперативного контроля данных на основных шинах отлаживаемого процессора и флаговой логики.

ОПЕРАТИВНЫЙ КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ КРОВООБРАЩЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ МИКРОЭВМ „ЭЛЕКТРОНИКА 60”

(А. П. Воробьев, Л. Н. Лаханько, Л. З. Полонецкий, А. В. Фролов)

Современное профилактическое лечение больных сердечно-сосудистыми заболеваниями остро нуждается в автоматических комплексах для динамического контроля за рядом жизненно-важных показателей кровообращения. Однако не каждый согласится подвергнуться травмирующей процедуре катетеризации сосудов ради получения информации о состоянии насосной функции своего сердца и гидравлическом сопротивлении сосудистого русла. Поэтому кардиомониторные системы, базируемые на инвазивных (кровяных) методиках [1], ориентированы на очень ограниченный контингент обследуемых.

Более широкий спектр приложения в кардиологии имеет метод центральной реоплетизмографии [2]. В основе этого метода лежит зондирование грудной клетки переменным током ($i=5$ мА и $f=40$ кГц) посредством токовых электродов 1 (рис. 1).

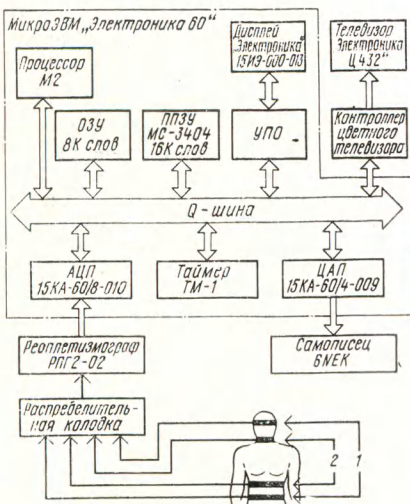


Рис. 1. Структурная схема комплекса «АРМ-кардио» для автоматизированной оценки показателей гемодинамики

С помощью пары измерительных электродов 2 регистрируется импеданс участка тела, который модулируется выбросом крови из левого желудочка сердца. На выходе реоплетизмографа (прибора, работающего по данному принципу) фиксируется дифференцированный реосигнал (рис. 2). Неинвазивность, нетравматичность, возможность длительного наблюдения и наличие серийной медицинской аппаратуры обуславливают актуальность автоматизации реоплетизмографической методики.

Комплекс «АРМ-кардио» разработан на базе реоплетизмографа РПГ-02 и микроЭВМ «Электроника 60». В комплект вычислительного оборудования входят процессор М2, ОЗУ (8К слов), ПЗУ МС-3404 (16К слов), плата УПО, дисплей «Электроника 15 ИЭ-00-013», таймер

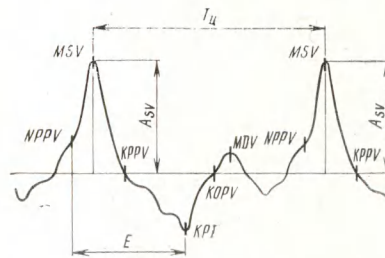


Рис. 2. Типичная форма дифференцированного реоплетизмографического сигнала с основными опорными точками:

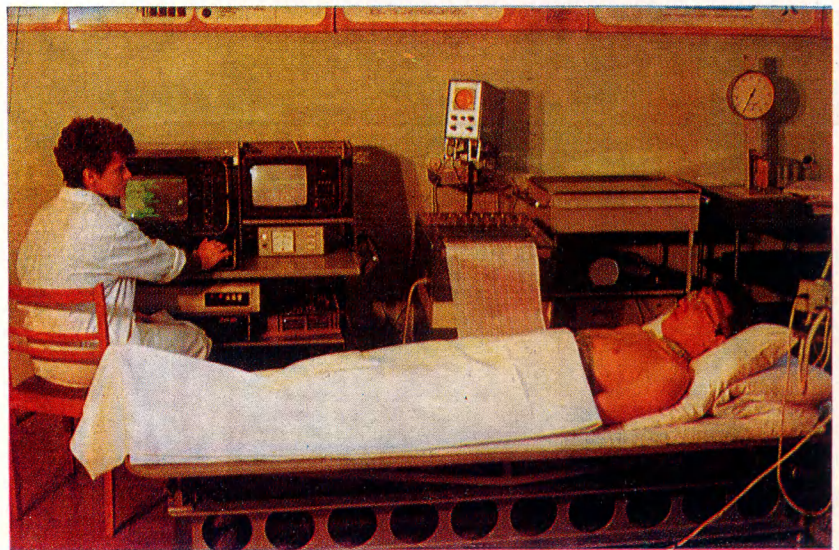
NPPV — начало фазы изгнания; MSV — максимум систолической волны; KPPV — конец положительной полуволны; KPI — конец периода изгнания; KOPV — конец отрицательной полуволны; MDV — максимум диастолической волны; $T_{ц}$ — время сердечного цикла; A_{SV} — амплитуда систолической волны; E — период изгнания

ТМ-1, АЦП 15КА-60/8—010, ЦАП 15КА-60/4—009, — серийно выпускаемые модули для указанной микро-

ЭВМ. Для отображения оперативной символической и графической информации используется цветной растровый дисплей (256×256 точек) с четырьмя возможными цветами [3]. В качестве видеоконтрольного устройства применен малогабаритный цветной телевизор «Электроника-Ц432». Графическая информация также регистрируется медицинским самописцем БНЕК.

Для уменьшения габаритных размеров и упрощения приемов эксплуатации комплекса медперсонал не использует устройства внешней памяти на магнитных носителях. Конструктивно комплекс реализован на передвижной тележке с габаритными размерами $920 \times 540 \times 1100$ мм.

Амплитуда, форма и периодичность анализируемого реосигнала (0 ... 60 Гц) весьма переменны к различным типам нарушений системы кровообращения. Ряд опорных точек на кривой необходимо программно идентифицировать для оценки показателей гемодинамики (см. рис. 2). Каждая из опорных точек характеризует определенную фазу сердечного цикла. Например, для оценки ударного объема (УО) — объема крови, выбрасываемого сердцем за одно сокращение, необходимо измерить амплитуду систолической волны, период изгнания, а также ввести ряд констант пациента: $УО = \rho^2 A_{SV} E (dQ/dt)_k / Z_0^2 A_k$,



Созданный в Белорусском НИИ кардиологии комплекс «АРМ-кардио», базируемый на реоплетизмографе РПГ-02 и микроЭВМ «Электроника 60», дает возможность длительно нетравматично контролировать состояние системы кровообращения.

мл, где $\rho = 153$ — удельное сопротивление крови, Ом·см; l — расстояние между измерительными электродами, см; Z_0 — базовый импеданс, Ом; A_{sv} — амплитуда систолической волны, В; A_k — амплитуда калибровочного сигнала, В; E — период изгнания, с; $(d\Omega/dt)_k$ — аппаратное значение калибровочного сигнала, Ом/с.

Другие показатели: минутный объем крови, сердечный индекс, гидравлическое сопротивление сосудистого русла, давление наполнения левого желудочка, частота сердечных сокращений, — также могут быть измерены по результатам автоматизированного анализа дифференцированного реосигнала.

Основная проблема — идентификация опорных точек на реосигнале (с учетом вариабельности формы сигнала), а также присутствия сетевых и двигательных помех. Найден оптимальный для реосигнала (с точки зрения подавления сетевой наводки и устранения шумов АЦП) параболический цифровой фильтр с окрестностью вычислений 9 точек [4]. Для идентификации опорных точек применялись первая и вторая производные исходного сигнала [5]. Для каждой опорной точки разработан формализованный алгоритм, однозначно описывающий ее местоположение на кривой. Основой формализации служат анализ производных и физиологическая интерпретация соответствующих фаз работы сердца.

Для обеспечения устойчивости измерительных алгоритмов по отношению к артефактам, двигательным помехам пациента и исключения из анализа неполных кардиокомплексов, попадающих, как правило, в буфер данных, применен интерактивный режим обучения. При этом врач, просмотрев на экране дисплея записанный в буфер ОЗУ отрезок реосигнала длительностью 8 с, выбирает репрезентативный реокомплекс и подвигными метками указывает его начало и окончание. Далее методом контурного ограничения автоматически исключаются из анализа реокомплексы, не удовлетворяющие условию подобия [6]. Как показали медицинские испытания, данная процедура существенно повышает надежность работы комплекса, упрощает требования к программному обеспечению

(ПО) и активно использует врачевный опыт.

В системе реализуются следующие функции: ввод констант пациента в режиме диалога; ввод, фильтрация и измерение амплитуды синусоидального калибровочного сигнала; ввод в ОЗУ и фильтрация реосигнала; интерактивное «обучение» системы; идентификация опорных точек, измерение амплитудно-временных характеристик в каждом анализируемом реокомплексе и их усреднение; оценка показателей гемодинамики и вывод результатов. Идентифицированные опорные точки автоматически выделяются цветными метками на кривой, выведенной на экран дисплея. При программных или аппаратных сбоях врач может повторить цикл ввода нового участка сигнала.

Графическое изображение реосигнала с размеченными опорными точками и блок гемодинамических расчетных показателей в общепринятых в медицине размерностях отображаются на экране цветного дисплея (рис. 3).

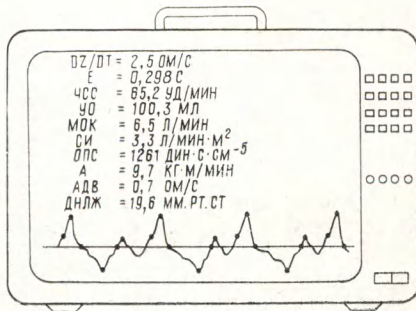


Рис. 3. Пример вывода данных о состоянии гемодинамики на экран графического дисплея

При многократных наблюдениях за состоянием пациента для удобства врача применяется машинная графика. В данной системе на дисплее демонстрируется фазовая траектория динамики состояния сердца в координатной плоскости «сердечный индекс — давление наполнения левого желудочка». Время анализа реосигнала (включая установку электро-



На снимке с экрана дисплея виден программно-анализируемый реосигнал и полученные в результате анализа показатели гемодинамики.

дов) меньше 3 мин. В режиме динамического наблюдения периодичность контроля — 1 мин.

Программное обеспечение (5К слов в ОЗУ и 4К слов в ППЗУ) разработано по модульному принципу. Язык программирования — макроасемблер.

Медицинские испытания проведены в условиях клиники кардиотерапевтического профиля. У 60-ти пациентов с разнообразными формами сердечно-сосудистой патологии в 96 % получены достоверные оценки показателей гемодинамики. Накапливаемые данные дают объективные основания дальнейшего совершенствования ПО. Комплекс прост в эксплуатации. Для овладения практическими навыками пользования врачу или медсестре достаточно одного рабочего дня.

Вследствие нетравматичности базовой медицинской методики применения комплекс «АРМ-кардио» хорош для тиражирования. Кроме микроЭВМ «Электроника 60», можно применить микроЭВМ ряда ДВК. С помощью комплекса ведется диспансеризация, диагностируются типы кровообращения, обеспечивается оперативная коррекция тактики лечения.

За справками обращаться: 220036, г. Минск, ул. Р. Люксембург, 110, Белорусский НИИ кардиологии, тел. 56-72-67.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бураков Е. А. Микропроцессорный кардиомонитор // Микропроцессорные средства и системы. — 1985. — № 1. — С. 68—69.
2. Kubicek W., Petterson R., Witsol D. New Impedance Plethysmographic Method for Monitoring Cardiac Output. Disclosure MSC-1144F. NASA, 1968.
3. Купер Э. П., Нифонтов В. И., Пискунов Г. С. Цветной графический дисплей // Препринт ИЯФ СО АН СССР. — № 79—38. — Новосибирск, 1980.
4. Микрокомпьютерные медицинские системы / Под ред.

- У. Томпкинса и Дж. Уэбстера. — М.: Мир, 1983. — 544 с.
5. Usui S., Amidror I. Digital Low-Pass Differentiation for Biological Signal Processing. — IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1982, vol. BME-29, N 10, p. 686—693.
6. Van den Akker T. et al. An On-Line Method for Reliable Detection of Waveforms and Subsequent Estimation of Events in Physiological Signals // Computers and Biomedical Research, 1982, vol. 15, N 5, p. 405—417.

Статья поступила 8 декабря 1986 г.

МИКРОКОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БИОСИГНАЛОВ ГЛАЗА

[к ст. П. А. Семенова, С. Н. Федорова, Э. М. Мироновой, Э. В. Егорской]

Микрокомпьютерная система, предназначенная для полностью автоматической обработки электроокулографических биосигналов глаза, используемых в офтальмологии для диагно-

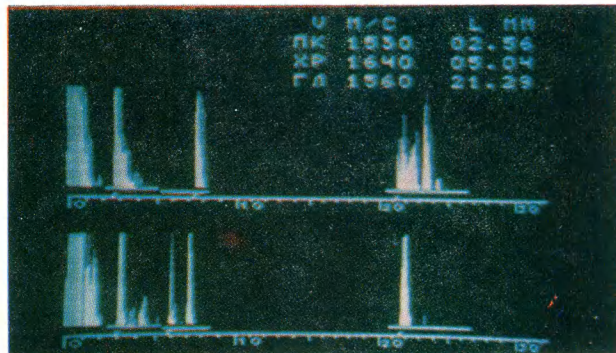
стики ранних стадий заболеваний сетчатки глаза, разработана и применяется в Московском научно-исследовательском институте микрохирургии глаза.



УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭХООФТАЛЬМОМЕТР НА БАЗЕ ОДНОКРИСТАЛЬНОЙ МИКРОЭВМ КР1816ВЕ48

[к ст. С. Л. Чернина, Е. М. Береговской]

«Эхоофтальмометр ЭОМ-24», созданный во Всесоюзном научно-исследовательском институте медицинского приборостроения, автоматически определяет линейные размеры, диагностирует травмы и заболевания глаз. На эхограммах двух глаз видны посторонние сигналы [от катаракт].



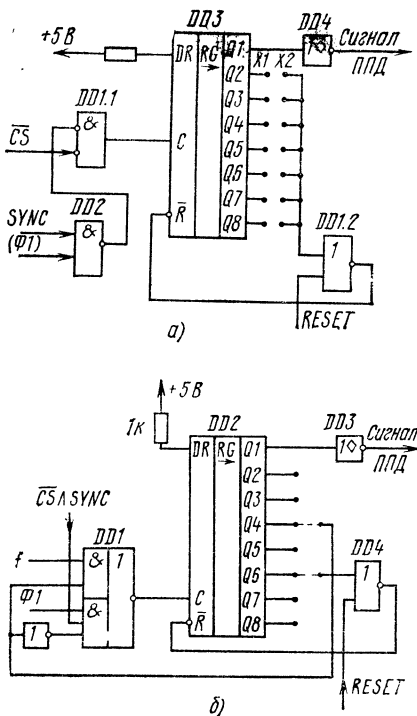


Рис. 3. Схема сопряжения ЦП с портами на основе сдвигового регистра DD3 с использованием одного тактирующего сигнала (а) и двух тактирующих сигналов различных частот (б)

программы может значительно отличаться у различных образцов контроллеров, что в некоторых приложениях может быть неприемлемо.

От временных неприятностей можно избавиться, если использовать в качестве элемента сопряжения по быстрдействию цифровые одновибраторы. На рис. 3 представлена схема интерфейса. В исходном состоянии (инициализация обеспечивается системным сигналом RESET) на выходе Q1 регистра «Лог.0», который через инвертор DD4 разрешает работу ЦП. При обращении ЦП к порту сигналом CS открывается вентиль DD1.1, и тактовой частотой f (стабилизированной кварцевым резонатором) совместно с сигналом SYNC в первый разряд регистра записывается «Лог.1», которая через инвертор DD4 выводит процессор в режим ожидания. Затем с частотой f последовательно заполняется регистр до ячейки, соединенной с вентилем DD1.2, сигнал которого, воздействуя на R-вход регистра, установит его в исходное состояние.

В приведенной схеме длительность сигнала ППД кратна длительности тактирующего регистра сигнала f . Необходимое условие функционирования данной схемы — синхронизация частоты f с тактовой частотой $\Phi 1$ и сигналом SYNC ЦП: первый импульс

частотой f должен появиться сразу же после выборки кристалла синхронно с импульсами $\Phi 1$ и SYNC, что в свою очередь несколько усложняет генератор частоты f . Как правило, в качестве частоты f используют частоту $\Phi 1$. Длительность сигнала ППД выбирают переключками соединяющими контакты X1 и X2.

Схема интерфейса (рис. 3,б) обеспечивает более точное формирование сигнала ППД, что достигается за счет использования сигналов с двумя частотами f и $\Phi 1$, тактирующих регистр DD2. Причем $f < \Phi 1$. При выборке порта через мультиплексор DD1 на вход С регистра поступает сигнал частотой $\Phi 1$. После заполнения регистра «Лог.1» до выхода Q4 сигнал с Q4 переключит мультиплексор, пропуская сигнал частотой f . Поскольку частоты f и $\Phi 1$ различны, то одна из них будет определять «грубую» выдержку импульса ППД, а другая — точную.

В некоторых приложениях микроЭВМ (например, в програматорах ПЗУ) удобно использовать длительные «зависание» процессора. Приведенные же схемы обеспечивают достаточно узкий диапазон регулировки длительности задержки сигнала ППД. Это обусловлено ограниченной разрядностью сдвиговых регистров. Схема, изображенная на рис. 4, лишена этого недостатка.

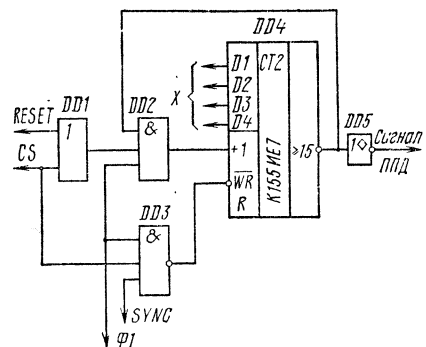


Рис. 4. Сопряжение ЦП с портами на основе двоичного счетчика

Основой интерфейса служит реверсивный счетчик K155IE7 DD4. При нажатии на кнопку RESET микропроцессорной системы сигнал высокого уровня поступает на вход элемента DD1, который открывает вентиль DD2, пропуская тактовые импульсы $\Phi 1$ на вход +1 счетчика. Счетчик увеличивает свое содержание до состояния FH, при котором на его выходе ≥ 15 устанавливается «Лог. 0». Этот сигнал закрывает вентиль DD2 и устанавливает высокий уровень на выходе инвертора DD5, разрешающий процессору выполнять программу. В таком состоянии схема будет находиться до тех пор, пока процессор не обратится к порту, в результате чего на выходе дешифра-

тора адреса появится «Лог.1», которая совместно с сигналами SYNC и $\Phi 1$ через элемент DD3 загрузит счетчик информацией, находящейся на его информационных входах. После чего сигнал с выхода ≥ 15 счетчика открывает элемент DD2, а на выходе инвертора DD5 установится низкий уровень. В этот промежуток времени ЦП будет находиться в состоянии ожидания, фиксируя активный уровень сигнала I/O \bar{R} или I/O \bar{W} . Как только счетчик досчитает до FH, на его выходе ≥ 15 установится «Лог.0», который закрывает вентиль DD2, и через инвертор DD5 разрешит процессору дальнейшую обработку информации.

Длительность выдержки процессора в режиме «ожидание» кратна длительности тактовой частоты $\Phi 1$ и зависит от информации, загружаемой в счетчик, которая устанавливается на выводах микросхемы переключками. Задержка сигнала ППД, генерируемая счетчиком, рассчитывается заранее и определяется разностью FH—XH—1H, где X — информация, установленная на входах счетчика. Дальнейшее расширение диапазона длительности задержки производят последовательным включением счетчиков.

Устройство, изображенное на рис. 5, работает аналогично предыдущему. Однако длительность задержки здесь

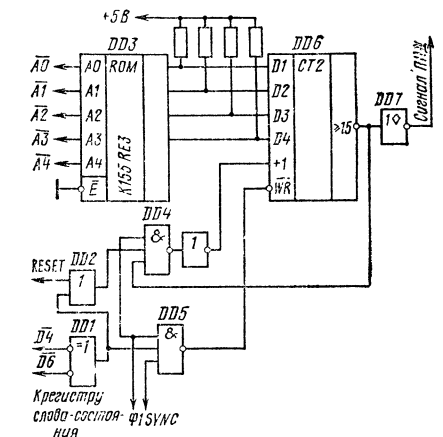


Рис. 5. Интерфейс сопряжения ЦП с несколькими портами ввода-вывода

определяется информацией, записанной в ПЗУ DD3, а загружается счетчик с использованием сигналов Ввод (D6), Вывод (D4) регистра состояния центрального процессора.

Приведенные выше схемы можно применить не только при работе с «медленными» портами ввода-вывода, но и с «медленными» ЗУПВ. При этом необходимо вместо сигналов I/O \bar{R} и I/O \bar{W} использовать сигналы MR и MW ЦП соответственно.

Статья поступила 11 февраля 1986 г.
Домашний адрес: 252208 Киев, Пр-т Парковый, 4а, кв. 41. Тел.: 434-93-56 д.; 444-88-28 сл.

МИКРОПРОЦЕССОРЫ И МУЗЫКА

После публикации в нашем журнале статей Ю. И. Торгова «Программируемый 8-голосый синтезатор на базе микроЭВМ» (№ 2, 1985, с. 59) и С. Б. Книгина «Многоголосый электромузыкальный синтезатор» (№ 5, 1986, с. 77) редакция получила много откликов, содержащих просьбы продолжить разговор на эту тему.

Применение всемогущей микропроцессорной техники для решения такой задачи, как создание и обработка звуковых сигналов, казалось, не предвещает серьезных проблем. Это действительно так, если речь идет, например, о звуковом сопровождении компьютерных игр. Однако при практическом воплощении алгоритмов обработки, необходимых для подлинно творческой работы звукорежиссера и музыканта, требуются технические решения, характерные для лучших высокопроизводительных ЭВМ и чаще всего приводящие к созданию мощных мультипроцессорных систем.

Для того чтобы цифровые системы синтеза и обработки звука могли успешно конкурировать с традиционными средствами звукорежиссера и исполнителя, необходимо решить целый ряд как чисто технических (например, обеспечение предельно высокого быстродействия и значительного объема памяти процессора при относительно низкой стоимости), так и теоретических задач (выбор алгоритмов, наиболее адекватных психофизиологическим особенностям нашего восприятия, минимизация числа параметров, управляющих системой обработки в реальном времени и т. д.).

Развитие индустрии персональных компьютеров заметно обострило эти проблемы, поскольку доступность простейших компьютерных музыкальных средств и привлечение к экспериментам с ними широких масс неподготовленных программистов грозит вылиться в разочарование от «музыкальных опусов, которые стыдно проигрывать даже собственной кошке», как едко заметил один из компьютерных журналов.

С этой точки зрения большинство из опубликованных в нашем и ряде других журналов музыкальных модулей могут рассматриваться только как забавные игрушки, на которых можно моделировать упомянутые выше задачи. Без глубокой проработки аппаратных и программных средств таких систем с учетом уже имеющихся в традиционной музыке знаний и доведения лучших лабораторных установок до массовых систем на базе персональных компьютеров с «дружественным» программным обеспечением, их признание профессиональными композиторами, музыкантами и звукорежиссерами невозможно.

В предлагаемой вниманию читателей подборке статей рассматриваются причины повышенного интереса к цифровой электроакустике и компьютерной музыке, возникшего в последнее время. Их обсуждает А. Танган, сотрудник Вычислительного центра АН СССР, где ведется ряд работ по моделированию и обработке звуковых сигналов.

Особенности реализации быстродействующих процессоров, ориентированных на синтез и обработку звуковых сигналов в реальном масштабе времени, и возможности их построения на существующей элементной базе рассматриваются в статье Н. Михайловой и А. Кузнецова. Обзор посвящен прежде всего лабораторным инструментам, так как именно на их основе удобно сравнивать достоинства и недостатки различных архитектурных тенденций и анализировать их пригодность для воплощения в виде БИС звуковых процессоров массового применения.

Синтез и обработка звуковых программ в аппарат-

ной звукозаписи с технической точки зрения аналогичны и могут производиться на одной и той же аппаратуре. Поэтому особенно интересна практическая реализация отечественной цифровой электроакустической системы в лаборатории электроакустики НИКФИ. Набором специализируемых процессоров под управлением соответствующего математического обеспечения можно решить многие задачи, возникающие в аппаратной звукорежиссера. Заметим, что сама задача создания математического обеспечения звуковых процессоров не представляется глубоко проработанной, так как их программирование в эпоху обсуждения в программистских кругах языков сверхвысокого уровня все еще ведется в машинных кодах. Ограниченное быстродействие лучших из имеющихся аппаратных средств (около 500 млн. операций/с) пока не позволяет применять универсальные, но медленно работающие алгоритмы вместо специализированных. К тому же пока не представляется возможным рассматривать обработку сигналов в таких системах в отрыве от аппаратуры, а следовательно, добиться переносимости программ обработки.

В мультипроцессорной системе всегда встает проблема взаимодействия процессоров и обмена данными. В случае использования относительно автономных цифровых электроакустических устройств с разнотипными функциями наиболее важной внешней связью между ними становятся линии передачи управляющих параметров и взаимной синхронизации элементов созданной таким образом локальной сети. Примером простого и поэтому широко применяемого решения этой задачи стал интерфейс MIDI (Musical Instrument Digital Interface), оказавшийся фактическим стандартом для компьютерных музыкальных инструментов и автоматизированного студийного оборудования. Статья Д. Лукьянова и Н. Михайловой знакомит с этим простым и эффективным решением сетевого интерфейса.

Звучание современных синтезаторов, признанное в эстрадной музыке, чаще всего отвергается профессиональными композиторами из-за недостаточной выразительности и живости. Эти термины пока не имеют формального описания на языке точной науки. В статье В. Кальяна намечается подход к описанию этих понятий, что позволяет найти способ алгоритмизации выразительных средств «живой» музыки, а следовательно, предложить новые способы синтеза, вполне реализуемые в цифровых синтезаторах с достаточно мощными встроенными ЭВМ. Предложенный подход особенно эффективен тогда, когда системы анализа и синтеза, а также объединяющая их база данных, реализованы на персональном компьютере и являются основой автоматизированного рабочего места (АРМ) композитора.

А. Родионов обсуждает особенности эксплуатации простого АРМ такого типа, реализованного на базе компьютеров MSX и синтезаторов, объединенных в локальную сеть MIDI. Опыт практической эксплуатации показывает, что выразительные возможности такой системы ограничиваются прежде всего именно моделью описания творческого процесса композиции и исполнения.

Надеемся, что публикуемые статьи позволяют достаточно полно представить проблематику области цифровой электроакустики и синтеза и будут интересны не только программистам персональных компьютеров, но и разработчикам других микропроцессорных средств, сталкивающихся в своей работе с задачами обработки сигналов в реальном масштабе времени.

А. С. Тангян

МУЗЫКАЛЬНАЯ ИНФОРМАТИКА: СРЕДСТВА И ПЕРСПЕКТИВЫ

Вычислительная техника стала применяться для музыкальных исследований и творчества еще в 50-е годы, вскоре после появления первых электронно-вычислительных машин. К середине 70-х годов эти эксперименты выделились в самостоятельное направление, называемое в англоязычной и немецкой литературе компьютерной музыкой, а во французской и итальянской — музыкальной информатикой.

Предметом музыкальной информатики являются музыкальные приложения фундаментальных наук и вычислительной техники, а целями — создание новой музыки и нового музыкального мышления, новых музыкальных инструментов и получение новых знаний о музыке. Она включает:

- композицию и исполнительство с использованием вычислительной техники;
- изучение восприятия, анализ и синтез звуковых образов;
- автоматическую нотную запись исполняемой музыки; алгоритмический анализ произведений;
- создание информационно-поисковых систем представления музыкальных знаний;
- разработку технических средств для музыкального творчества, научной работы и образования.

В музыкальной информатике используются и получают дальнейшее развитие композиторская и исполнительская практика, музыкальная теория, психология, акустика, вычислительная математика и компьютерная технология. Так, в результате музыкальных исследований удалось синтезировать естественный человеческий голос. Наиболее мощный процессор для обработки сигналов был создан в музыкальном исследовательском центре. Самая передовая система цифровой звукозаписи использовала модели представления музыкальной информации. Уже в 70-е годы при исследовательских и учебных учреждениях Америки и Европы действовало около 100 оборудованных центров и студий компьютерной музыки. С 1974 г. созываются международные конференции, с 1977 г. выпускается ежеквартальный «Computer Music Journal», а специальная библиография только на начало 1979 г. составила свыше 1000 названий [1]. Формирование профессиональной среды способствовало интенсивному поиску научных и инженерных решений, многие из которых нашли применение в творческой практике. Произведения компьютерной музыки неоднократно издавались, записывались на пластинки, занимали призовые места на фестивалях и конкурсах, в том числе на таком представительном, как Буржский фестиваль экспериментальной музыки, где за период с 1971 по 1985 гг. было исполнено свыше 2 тыс. сочинений более 700 композиторов из 41 страны мира.

Главные сферы приложения вычислительной техники в музыке наметились еще в 50-е годы: для алгоритмической композиции и синтеза звуков. Большинство методов алгоритмической композиции основывалось на идее более или менее регламентированной случайности, которая во второй половине XX века получила широкое распространение не только в музыке, но и в изобразительном искусстве. В музыке случайность стала применяться в первую очередь как альтернатива тотальному детерминизму, присущему серийной технике композиции.

Метод «стохастической композиции», предложенный Ксенакисом и описанный в его книге «Формализованная музыка», состоял в противопоставлении случайности отдельных звуковых событий строго детерминированной форме произведения. Для этого звуковые события под-

чинялись вероятностным моделям, выбор и изменение параметров которых и составляли задачу композитора. Восприятие же сочинения как художественного единства обуславливалось его внутренней логикой. С начала 60-х годов многие свои замыслы Ксенакис реализовывал с помощью вычислительной машины, сочетая формализм с эвристикой.

Первые опыты чисто машинной композиции, основанной на вероятностном подходе, были выполнены несколько раньше — в середине 50-х годов. Наиболее известными из них стали работы Л. Хиллера и Л. Айзексона из Иллинойского университета. Написанная ими программа для вычислительной машины «Иллиак», основывалась на алгоритме выбора из множества случайных вариантов. Таким образом в 1957 г. была создана «Иллиак — сюита» для струнного квартета, которая была записана на пластинку и имела коммерческий успех. Результаты своих исследований Л. Хиллер и Л. Айзексон опубликовали в книге «Экспериментальная музыка. Композиция с помощью электронно-вычислительной машины».

Еще более нетрадиционное решение предложил немецкий композитор Г. Кёниг. В 1966 и 1969 гг. он завершил первые версии программ «Проект 1» и «Проект 2», которые можно было бы назвать метакомпозициями. Программы Кёнига позволяли сочинять музыку, разнобразную по форме и инструментальному составу, но с общими стилистическими признаками. Позже Кёниг так объяснял свою задачу: «...Программа «Проект 1» описывает музыкальный ландшафт, другими словами, музыкальные события, которые можно встретить, путешествуя по этой местности. ...Следует указать, что программа описывает не конкретную музыкальную пьесу, а ...большое число всевозможных вариантов исходных образцов — модель. Пьесы являются результатом ...случайного блуждания по ландшафту». Программы Кёнига не стесняли индивидуальные проявления, что привлекло к работе с ними и других композиторов, например О. Ляшке.

Значительное число работ 50-х—60-х годов по алгоритмической композиции посвящалось не отвлеченным, а основанным на анализе музыки определенного стиля методам. Обычно в расчет принималась статистика нот, длительностей, интервалов и коротких мелодических оборотов, но, как выяснилось, ее одной оказалось недостаточно, чтобы восстановить музыку данного характера. Хотя с ее помощью и удавалось весьма успешно распознавать композиторские стили, форма описывалась детерминированными структурами. Строго говоря, такой аналитический подход был ближе к теоретическим исследованиям, поскольку его задача состояла не в создании оригинальных произведений, а в сочинении традиционной музыки, в анализе через синтез. Подробный обзор публикаций по алгоритмической композиции за период до конца 60-х годов содержался в статье Л. Хиллера [2], вопросы, касающиеся аналитического подхода к композиции, обсуждались в книге Р. Х. Зарипова [3].

Смежными по отношению к рассматриваемым работам были исследования по моделированию музыкальных сигналов, в которых ставились и частично решались следующие задачи:

- структуризация и формализация общепринятых представлений из области гармонии, анализа формы и т. д.;
- построение совершенно нового аналитического аппарата в первую очередь для анализа современной музыки, созданной с помощью математических моделей;
- интерпретация стили произведений в терминах таких дисциплин, как статистика и лингвистика, что нашло применение для установления авторства произведений;
- применение к музыкальной теории и композиции генеративных грамматик;
- представление музыкальной информации в машине с целью создания информационно-поисковых систем с идентифицирующими алгоритмами;

автоматическая нотная транскрипция (расшифровка) исполняемой музыки и нотная печать на ЭВМ;

разработка системы программного обучения по курсам сольфеджио, гармонии и полифонии.

Основные результаты моделирования музыкальных сигналов рассматриваются в обзорах [4, 5]. Следует отметить, что данное направление музыкальной информатики является единственным, представленным в отечественных исследованиях с достаточной полнотой.

Судя по числу публикаций, к середине 70-х годов интерес к машинной композиции заметно уменьшился, что несколько сказалось на исследованиях по теории, и основное внимание переместилось на другой способ использования вычислительной техники в музыке — для цифровой синтеза звуков. Поворот к цифровому музыкальному синтезу можно объяснить несколькими причинами. В конце 60-х годов произошла общая переоценка роли машин и их интеллектуальных возможностей. Определелись сферы наиболее эффективного использования вычислительной техники, в том числе для достаточно простой обработки большого числа однородных данных. Творческая же работа, напротив, основана на сложной обработке неоднородной информации, часто плохо поддается количественному описанию. Другой причиной было отсутствие новых идей в области алгоритмической композиции. Цифровой музыкальный синтез непосредственно связанный с быстро развивающейся микроэлектроникой, обещал более определенные перспективы. В разработках были заинтересованы не только экспериментирующие композиторы, но и исполнители, эстрадные музыканты, театральные и кинорежиссеры, инженеры звукозаписи, а также исследователи, занимающиеся цифровой обработкой сигналов, распознаванием и синтезом речи. Наконец, работы по цифровому музыкальному синтезу более соответствовали существующей теоретической и технической базе, чем исследования по моделированию творчества.

Цифровой подход обладает перед аналоговым методом рядом преимуществ:

вместо аппаратных решений позволяет ориентироваться на чисто программные;

позволяет генерировать любые сигналы, в том числе речевые, производить обработку естественных звуков; предусматривает управление параметрами сигнала — от общего описания до отдельных отсчетов;

гарантирует высокую точность, следовательно, высокое качество;

обеспечивает точную воспроизводимость однажды найденных звуков.

Основателем цифрового музыкального синтеза был М. Мэтьюз, создавший в Белл-лабораториях первые звуковые программы в конце 50-х годов. В 1960 г. Мэтьюз выдвинул концепцию «генерирующих элементов», из которых компоновались программы для синтеза звуков. Следует отметить, что аналоговый синтезатор из унифицированных модулей, управляемых напряжением и произвольно соединяемых, был изобретен Р. Мугом и Д. Бушля пятью годами позже. Окончательной версией системы цифрового синтеза стала программа на языке Фортран «Мьюзик 5», описанная в книге Мэтьюза «Технология компьютерной музыки» (1969). Алгоритмическая организация системы и ее графическая интерпретация получили еще более широкое распространение, чем сама система, которая до сих пор эксплуатируется во всем мире.

Исследования по синтезу основывались на работах по анализу естественных звуков, особенностей их образования и восприятия, которые можно условно разделить на три группы:

анализ тембров обособленных звуков во временной и спектральных областях, а также эвристическими методами — подбором параметров в алгоритмах синтеза; сравнительный анализ тембровых нюансов в зависимости от высоты, динамики, артикуляции, что выявило чрезвычайно важные для восприятия закономерности;

анализ звука в конкретных акустических условиях — при реверберации, локализации источника в пространстве, его перемещениях.

Помимо проблем анализа и синтеза звука в центре внимания находились задачи, относящиеся к созданию систем реального времени. Из-за отсутствия специпроцессоров и недостаточного быстродействия универсальных вычислительных машин первые музыкальные системы реального времени составлялись из аналоговой звуковой части и управляющей ЭВМ, предусматривающей хранение и редактирование всей вспомогательной информации. Эта концепция воплотилась во многих последующих проектах, в частности промышленных аналоговых синтезаторах с микропроцессорным управлением и памятью.

70-е годы были отмечены созданием чисто цифровых систем. По разработке С. Алонсо, И. Эпплтона и К. Джонса американская компания «Нью Ингленд Диджитал Корпорейшн» с 1976 г. начала выпуск первого промышленного цифрового синтезатора «Синклавир». За последующие пять лет еще несколько фирм предложили свои модели цифровых синтезаторов и музыкальной периферии к персональным ЭВМ. Сведения об экспериментальных и серийных цифровых синтезаторах 70-х годов приводятся в обзорах [6, 7].

Одновременно с аппаратными средствами создавалось алгоритмическое и программное обеспечение. Если в 60-е годы даже в экспериментальных системах использовалось только три способа синтеза: аддитивный (суммирование колебаний), субтрактивный (фильтрация богатого гармониками колебания) и мультипликативный (перемножение двух сигналов), то к концу 70-х годов получили распространение не менее 10 алгоритмов, каждый из которых обладал своими тембровыми возможностями, обусловленными наборами управляющих параметров [8]. Системы реального времени требовали эффективных алгоритмов, реализуемых при умеренных затратах машинных ресурсов. Некоторые известные методы стали применяться благодаря высокой точности цифровых вычислительных машин, так как обладали повышенной чувствительностью к малым отклонениям управляющих параметров, неизбежным на аналоговой аппаратуре.

Начиная с конца 70-х годов стал заметным интерес к способам моделирования музыкальной экспрессии и к исполнительским проблемам вообще. Главное преимущество цифровых систем — способность воспроизводить и обрабатывать естественные звуки — было освоено далеко не сразу. Первой промышленной системой, осуществлявшей цифровую запись, обработку и воспроизведение сигнала был инструмент «Фэарлайт» одноименной австралийской фирмы, прототип которого был продемонстрирован в 1978 г. Основной трудностью имитации естественных тембров оказалась необходимость передачи тембровых нюансов в зависимости от контекста, динамики, регистра, артикуляции, что требовало хранения чрезвычайно больших объемов информации. По оценке американского инженера Р. Карцвей имитация фортепианного звучания требует информации о тембре каждой из 88 клавиш для 50 градаций громкости при нескольких видах туше и состояния педалей, для чего при непосредственном подходе требуется свыше 100 тыс. кристаллов памяти по 256К. Достичь технологического решения удалось благодаря применению методов искусственного интеллекта. С помощью модели представления знаний Р. Карцвей описал структуру динамических спектров сигнала и воздействия на нее управляющих параметров. Это позволило ограничиться 24 кристаллами памяти, и в синтезаторе «Карцвей 250», выпуск которого начался в 1984 г., оказалось возможным представить тембры 45 оркестровых инструментов, включая фортепиано.

Модели представления знаний стали применяться и в цифровой звукозаписи. Здесь в первую очередь следует упомянуть разработанную Д. Шварцем систему запи-

си на гибкие магнитные диски, выпускаемую с 1986 г. фирмой «Компьюсоникс» (США): В системе регистрируются кратковременные спектры сигнала, вычисленные на интервалах порядка 10 мс и обработанные для уменьшения объема с учетом эффектов маскировки. В результате удалось осуществить запись 45-минутных стереофонограмм на 5-дюймовый флоппи-диск, причем с тем же качеством, что и на цифровом магнитофоне. Главным преимуществом этой системы явилась произвольная синхронизация каналов записи и вообще звуковых событий. Кроме того, прямой доступ к спектральной информации облегчает возможность подавления шумов в фонограммах, синтез музыки и речи, предусматривает различные эффекты с помощью программ обработки сигналов и т. д.

В последнее время стали разрабатываться системы цифрового музыкального синтеза на основе многоуровневых систем представления знаний, в которых главными являются описания не объектов, а связей между ними. Если в цифровых синтезаторах музыкальный сигнал представлялся интегрированно в виде модели звукообразования, алгоритма синтеза или записанного в цифровой форме естественного звука, то в ближайшем будущем следует ожидать описания сигналов через функциональные связи, управляемые по контекстным правилам. Среди центров, выполняющих эти исследования, следует выделить Стокгольмский Королевский технологический институт и Парижский Институт исследований и координации акустики/музыки (IRCAM).

Помимо учета тембровых нюансов моделирование музыкальной экспрессии развивалось и в плане поиска новых форм управления звуком. Фирма «Кей Концептс» выпустила клавиатуру фортепианного типа, реагирующую на три исполнительских параметра: скорость нажатия на клавишу, силу давления и величину продольного смещения. Разными коллективами были созданы контроллеры синтезаторов, техника исполнения на которых напоминает игру на флейте, гитаре, ударных, благодаря чему в компьютерную музыку стали вовлекаться музыканты, не владеющие техникой игры на фортепиано. Для управления звуком стали применяться и чисто компьютерные средства: джойстики, тракболы, контактные планшеты и т. д., а также дистанционные неконтактные датчики пространственного действия.

Другим направлением в исполнительских изысканиях 80-х годов стали системы совместного музицирования человека и ЭВМ. Основной трудностью было создание программного обеспечения для слежения по партитуре, чтобы освободить солиста от следования за машинной партией и предоставлять ему свободу импровизации. Одна из разработок подобного рода была продемонстрирована на Международной конференции музыкальной информатики 1984 г. в Париже на примере композиции Б. Верко для флейты и ЭВМ. Интересно, что в системе применялось нелинейное сравнение входной реализации с эталонами методом динамического программирования, как в системах автоматического распознавания речи.

Для систем реального времени были проведены исследования по алгоритмической «исполнительской» интерпретации нотного текста. Обычно воспроизведение партитуры осуществлялось по точным предписаниям, а для исключения механического эффекта требовалась кропотливая работа по расстановке динамических и ритмических нюансов, соответствующая фразировке. На основании закономерностей, имеющих много общего с сегментацией и интонированием синтетической речи, были сформулированы алгоритмические описания ряда исполнительских приемов [9].

В 80-е годы появились исключительно мощные спецпроцессоры для обработки сигналов, среди которых можно выделить разработанный в Парижском Институте исследований и координации акустики/музыки процессор 4X [10], который в сочетании с обширным программным обеспечением допускает использование для

различных методов синтеза, фильтрации спектрального анализа, реализации алгоритмов линейного предсказания с 20 коэффициентами в реальном времени, задержки и реверберации сигналов.

Достижения в экспериментальных исследованиях благодаря успехам радиоэлектроники и компьютерной технологии стали в сравнительно короткие сроки (3...5 лет) осваиваться и на промышленном уровне. В 80-е годы стали выпускаться такие системы, которые в 70-е существовали только в уникальном исполнении. Появились доступные для индивидуальных пользователей цифровые синтезаторы, среди которых наиболее известна серия «DX» японской фирмы «Ямаха», использующая алгоритмы частотной модуляции, а также специализированные музыкальные персональные компьютеры серии «СХ». Другим заметным событием стало учреждение в 1982 г. стандарта на обмен управляющей информацией между электронными музыкальными инструментами, что позволило составлять музыкальные системы из отдельных элементов, производимых разными фирмами, подсоединять их к универсальным вычислительным машинам и персональным компьютерам. Музыкальные приложения ЭВМ, включающие, кроме цифрового синтеза, транслирование фонограмм и нотных текстов по телефонным каналам, приобрели такую актуальность, что Американский Национальный институт стандартов учредил в 1986 г. рабочую группу для подготовки проекта стандарта обмена музыкальной информацией, дополняющего MIDI в области средств нотной графики. Проект стандарта, разрабатываемого под председательством И. Голдфарба, представляющего фирму IBM, должен быть представлен для утверждения в июне 1987 г.

Перечисленные обстоятельства способствовали распространению средств музыкальной информатики не только среди профессионалов, но и любителей. Использование вычислительной техники в музыкальном образовании резко увеличилось. Высказываются прогнозы, что через 10 лет музыкальный компьютер станет таким же популярным, как проигрыватель или магнитофон. Об интересе к новой технике свидетельствует быстро растущий спрос на музыкальную электронику, который в 1983 г. превысил в развитых странах 2 млрд долл.

Сейчас музыкальная информатика приобрела официальный статус и заняла место в ряду других видов современной деятельности. Она представлена Международной конфедерацией электроакустической музыки, входящей в состав Международного музыкального совета при ЮНЕСКО, Ассоциацией компьютерной музыки, Международной ассоциацией музыкального цифрового интерфейса МИДИ, Ассоциацией производителей МИДИ-совместной аппаратуры, Группой по применению малых ЭВМ в искусстве, а также рядом региональных и национальных организаций.

Адрес для справок: 117333 Москва, ул. Вавилова, 40, ВЦ АН СССР, сектор автоматического распознавания речи. Тел. 135-23-70.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тjеркема S. A. Bibliography of Computer Music Iowa: University of Iowa Press.—1981.
2. Hiller L. Music Composed with Computers. Historical Survey.— In: H. Lincoln (Ed.) // The Computer and Music. Ithaca: Cornell University Press.—1970.— P. 42—96.
3. З а р и п о в Р. X. Кибернетика и музыка.— М.: Наука, 1971.
4. Alphonse В о Н. Music Analysis by Computer — A Field for Theory Formation // Computer Music Journal.—1980.—V. 4.— N 2.— P. 26—35.
5. R o a d s C. Artificial Intelligence and Music // Computer Music Journal.—1980.— V. 4.— N 2.— P. 13—25.
6. M o o r e r J. A. Synthesizers I Have Known and Loved // Computer Music Journal.—1981.— V. 5.— N 1.— P. 4—12.

7. Jenkins S. Sound Systems on Micros.— In: Proceedings of the 3rd Symposium on Small Computers in the Arts. Philadelphia: IEEE Computing Society.— 1983.— P. 36—40.
8. De Poli G. A Tutorial on Digital Sound Synthesis Techniques // Computer Music Journal.— 1983.— V. 7.— N 4.— P. 8—26.

9. International Computer Music Conference'84.— Paris: IRCAM.— 1984.
10. Koechlin O. et al. La Station de Travail Musicale 4X.— Paris: IRCAM. Rapport de Recherche.— N 39.— P. 27.

Статья поступила 16 сентября 1986 г.

УДК 681.8 : 681.3

А. И. Кузнецов, Н. Н. Михайлова

СИСТЕМОТЕХНИКА КОМПЬЮТЕРНЫХ МУЗЫКАЛЬНЫХ СИНТЕЗАТОРОВ

История возникновения и возможности электронных музыкальных синтезаторов

Быстрое развитие электроники в наши дни приводит к появлению принципиально новых средств синтеза и обработки звуковых сигналов. Исторически первым электронным музыкальным инструментом следует, по видимому, считать терменвокс, созданный Л. С. Терменом в 1920 году в Ленинградском физико-техническом институте [1]. Терменвокс представлял собой генератор, частота которого зависела от емкости конденсатора, образованного руками исполнителя и специальной сферической поверхностью. Хотя терменвокс успешно использовался при исполнении музыкальных произведений, он не получил распространения.

Начало широкого применения электроники для синтеза музыкальных звуков может быть датировано 1934 годом [2], когда Лоуренс Хаммонд получил патент на электрический орган, представляющий собой набор генераторов с фиксированной частотой, управляемых от органной клавиатуры. Коммерческий вариант электрооргана был представлен в 1939 году на выставке в Нью-Йорке. Вскоре после этого на специально организованном прослушивании группа экспертов не смогла отличить звучание органа Хаммонда от звучания духового органа. Электронные инструменты, построенные по принципу электрооргана, выпускаются и в настоящее время, однако с точки зрения темы данного обзора важно, что развитие электроорганов стимулировало создание электронных синтезаторов.

Первые электронные синтезаторы сложных по своей тембровой и временной структуре звуков представляли собой специализированные аналоговые машины и были предназначены в основном не для исполнительских целей, а для экспериментов, направленных на совершенствование электроорганов и для академических исследований в области электроакустики.

Развитие технологии интегральных аналоговых схем позволило со временем реализовать отработанные с помощью этих синтезаторов методы

в сравнительно доступных как в отношении управляемости, так и в отношении стоимости исполнительских синтезаторов. Пионером в этой области считается Роберт Муг, выпустивший в 1964 году первый такой синтезатор. Его схемотехнической основой был управляемый напряжением генератор (осциллятор) на трех операционных усилителях [2, 3], который одновременно генерирует сигналы прямоугольной, пилообразной и синусоидальной формы. Такой генератор в настоящее время известен как генератор Муга. Различные варианты соединения таких генераторов и суммирования их выходных сигналов (ЧМ-аддитивный метод синтеза) позволили получить широкую палитру новых «электронных» звуков. Синтезаторы Муга и сейчас находят применение. Применение в них микропроцессорных средств существенно упростило управление и повысило функциональные возможности.

Естественным развитием аналоговых синтезаторов стал переход к цифровым осцилляторам, способным генерировать сигналы произвольной формы. Форма генерируемого сигнала хранится в ПЗУ или ОЗУ, а сам осциллятор может быть реализован аппаратно или программно. Возможность использования большого числа осцилляторов (порядка десяти), которые имеют независимое управление частотой и огибающей амплитуды, для синтеза каждого голоса музыкального инструмента позволяет говорить о переходе на качественно новый по сравнению с аналоговыми синтезаторами уровень. Дальнейшее совершенствование таких синтезаторов в настоящее время происходит по двум направлениям: первое — применение СБИС и на их основе удешевление простейших моделей; второе — развитие методов синтеза и доведение качества звука до звучания акустических инструментов.

В 1978 году австралийской фирмой FAIRLIGHT [4] был создан цифровой музыкальный инструмент, в котором в отличие от попыток синтеза натурального сигнала в реальном масштабе времени был впервые реализован иной подход, получивший в зарубежной литературе название «sampling». Он состоит в том, что

для синтеза звука используются ранее сгенерированные не в реальном времени фрагменты, или просто оцифрованные фрагменты натуральных звуков [5—7]. В отечественной литературе пока нет подходящего термина для этого метода, и мы будем пользоваться термином «непосредственное кодирование». Кодирование обычно фрагменты начала звука (фаза атаки), конца (фаза спада), которые при исполнении воспроизводятся без изменений, и стационарной фазы, которая при воспроизведении зацикливается на время нажатия клавиши.

В современных компьютерных синтезаторах ЧМ-аддитивный метод и метод прямого кодирования получили дальнейшее развитие. Так, метод прямого кодирования используется практически во всех последних моделях ритм-синтезаторов. В качестве примера рассмотрим возможности одного из наиболее мощных синтезаторов — FAIRLIGHT SERIES III выпуска 1985 года [6, 7]. Так же, как и в предыдущих моделях компьютерных музыкальных синтезаторов (КМС) этой фирмы в нем используется метод непосредственного кодирования. При частоте квантования выходного сигнала до 48 кГц имеется шестнадцать независимых аналоговых выходов с динамическим диапазоном 16 бит. На каждый из этих выходов можно «подключить» до 80 голосов инструмента. Оперативная память синтезатора при этом составляет 80 Мбайт. Встроенный секвенсор позволяет запоминать восьмидесятиголосую партитуру и затем автоматически проигрывать произведение. Твердый диск емкостью до 60 Мбайт используется для хранения программ и записи синтезированных звуков. На нем можно запомнить музыкальный фрагмент длительностью до семи минут.

В качестве голосов инструмента могут использоваться любые натуральные звуки, а также звуки, «сконструированные» композитором. Для этой цели КМС оснащен средствами графического отображения и программами анализа и синтеза звуков не в реальном масштабе времени. Известны и КМС, представляющие собой автоматизированные рабочие места музыканта, оснащенные аппаратными и программными средствами для написания и редактирования нотных текстов (с автоматизацией рутинных операций при композиции музыки), развитой системой синтеза звуковых сигналов, средствами записи и иссле-

дования натуральных звуковых сигналов, интерфейсами для связи и управления другими КМС и электронными инструментами, а также средствами телекоммуникации [8, 9].

Создание таких сложных в техническом и идейном плане систем стало возможным благодаря работам, проводившимся в последнее десятилетие в трех взаимосвязанных направлениях. Первое — это непосредственные исследования в области компьютерного синтеза музыки, проводившиеся в семьдесятые годы в ряде исследовательских центров: BELL LABORATORIES [10–15], IRCAM (L'INSTITUTE DE RECHERCHE AT COORDINATION ACOUSTIQ/MUSIC) [16]; CENTER FOR COMPUTER RESEARCH IN MUSIC AND ACOUSTICS, STANFORD UNIVERSITY [17]; COMPUTER AUDIO RESEARCH LABORATORY [18] и других. Второе — непрерывное совершенствование и усложнение традиционных синтезаторов и электроорганов, использование в них микропроцессорной техники и специализированных БИС. Наиболее известным в нашей стране представителем этого направления является японская фирма YAMAHA [19, 20]. Третье — работы в области студийной цифровой звукотехники. КМС можно рассматривать и как многофункциональный, автоматизированный музыкальный инструмент, и как простейшую персональную цифровую студию звукозаписи.

Из всего множества вопросов, связанных с компьютерным синтезом музыки, далее будут рассмотрены основные принципы построения аппаратных средств КМС и особенности методов синтеза музыки. Из двух наиболее распространенных в настоящее время методов синтеза ЧМ-аддитивного и непосредственного кодирования, первый ориентирован на использование спецпроцессоров с максимально возможным быстродействием, а второй, при существенно менее жестких требованиях к быстродействию, — на использование больших банков оперативной памяти. Ниже рассматриваются в основном КМС, ориентированные на ЧМ-аддитивный синтез.

ЧМ-аддитивный метод синтеза музыки

Подробно ЧМ-аддитивный и некоторые другие методы синтеза описаны в переведенном на русский язык обзоре [21]. В самом общем виде ЧМ-метод описывается выражением:

$$S = \sum A(J, I) \times \text{FUN}[F(J, I)];$$

$$F(J, I) = F(J, I-1) + [WO(J) + WT(J, I) + WM(J, I)],$$

где I — номер отсчета сигнала; J — индекс суммирования; S — выходной сигнал синтезатора; FUN — периодические составляющие выходного сигнала; WO — частота, определяющая текущее значение фазы; WM — частота модуляции; WT — медленное смещение основной частоты; A(J, I) —

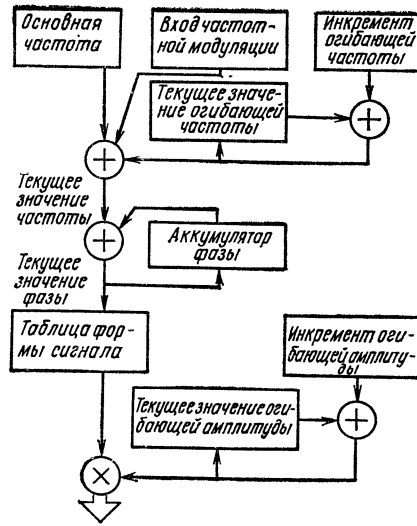


Рис. 1. Логическая схема обобщенного цифрового осциллятора

амплитуды. Все изменяющиеся во времени параметры обычно аппроксимируются кусочно-линейными функциями. Структура оператора (осциллятора) приведена на рис. 1. Отдельный осциллятор может использоваться как самостоятельный голос в КМС, однако чаще их суммируют между собой для получения более богатой гармонической и временной структуры сигнала — аддитивный синтез. Возможно и такое соединение осцилляторов, когда выход одного из них подается на вход другого — ЧМ-синтез. В качестве FUN может использоваться любая периодическая функция, однако на практике чаще всего сигнал синтезируется на основе синусоидальных функций. Так, для качественного воспроизведения звуков натуральных инструментов методом аддитивного синтеза необходимо использовать не менее шестнадцати синусоидальных осцилляторов [10]. Большинство звуков из арсенала современной эстрадной музыки синтезируется ЧМ-аддитивным методом с помощью всего четырех осцилляторов [19, 20]. Речь идет о синтезе одного голоса инструмента. При увеличении числа голосов увеличивается и объем вычислений. В КМС обычно исполнитель имеет возможность управлять числом голосов и распределением осцилляторов по голосам.

Уровни обработки информации при музыкальном синтезе

Обратимся теперь к процессу синтеза (рис. 2, 3). На его «вершине» находится музыкант, который или создает нотную запись, или исполняет музыкальное произведение, например, используя традиционную клавиатуру. В результате обработки нотной записи или выхода клавиатуры системой синтеза в реальном времени вырабатывается поток информации, В

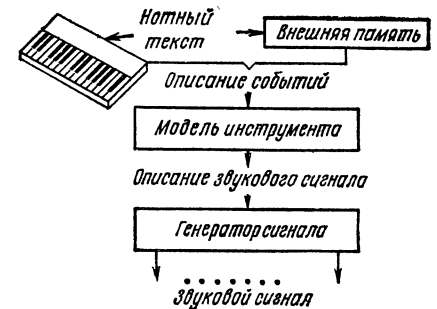


Рис. 2. Логические уровни обработки данных в процессе компьютерного синтеза музыки

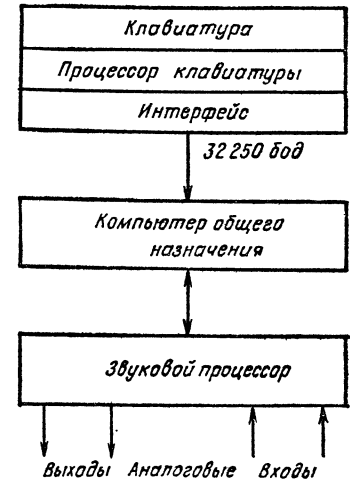


Рис. 3. Уровни аппаратной обработки в процессе компьютерного синтеза музыки

простейшем случае это данные о частотах, амплитудах и длительностях отдельных голосов инструмента. В дальнейшем любое изменение в этом потоке мы будем называть событием.

В настоящее время используются клавиатуры в основном двух типов. Первые вырабатывают информацию о нажатии клавиши и ее номере (частоте). Более сложные клавиатуры моделируют механическую фортепианную клавиатуру — они вырабатывают сигнал, пропорциональный скорости нажатия клавиши.

Для стандартизации электронно-музыкальной аппаратуры на этом уровне обмена информацией в 1984 году принято соглашение MIDI [22], которого в настоящее время придерживаются шестнадцать ведущих фирм-производителей электронных инструментов. MIDI регламентирует аппаратную часть интерфейса и протокол обмена. С аппаратной точки зрения это последовательный асинхронный интерфейс со скоростью обмена 32 кБод. Существенно, что максимальная задержка передачи информации от клавиатуры при использовании MIDI составляет около 10 мс.

Кроме непосредственного исполнения КМС дает возможность сначала создать нотную запись на внешнем запоминающем устройстве (секвенсоре), а уже затем автоматически исполнить музыкальное произведение. Для создания нотной записи может быть использована клавиатура и специальные редактирующие программы. Обмен информацией между секвенсором и самим синтезатором также осуществляется в большинстве случаев в соответствии с MIDI.

С точки зрения аппаратной реализации, обслуживание обмена информацией на этом уровне не представляет сложностей. Интерфейс MIDI может быть обеспечен практически любым 8-разрядным микропроцессором общего назначения.

Задача следующего уровня обработки — выработка управляющей информации для отдельных осцилляторов или голосов. Это тот уровень, на котором происходит преобразование описаний событий в описание синтезируемого звука, поэтому в дальнейшем мы будем называть его моделью музыкального инструмента. На рис. 4 показана заимствованная из обзора [21] реализация звука кларнета. Она состоит из трех основных фаз: атаки, стационарной фазы и спада. С точки зрения управления осцилляторами стационарная фаза характеризуется постоянными или медленно изменяющимися значениями огибающей амплитуды и частоты осциллятора. В фазах атаки и спада эти изменения существенно более интенсивны. Обычно эти огибающие аппроксимируются кусочно-линейными функциями. Для качественного воспроизведения звука акустического инструмента достаточно иметь около десяти сегментов ку-

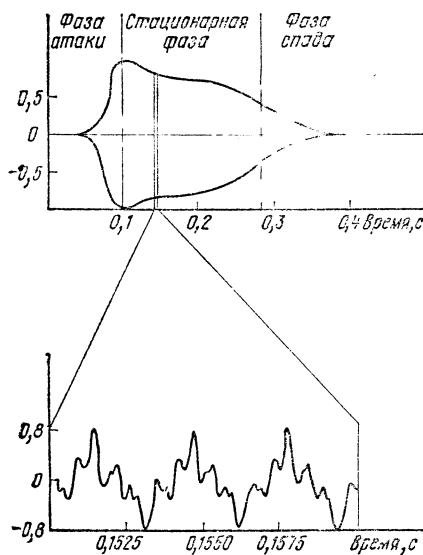


Рис. 4. Пример отдельно звучащего тона кларнета: форма огибающей сигнала, форма сигнала

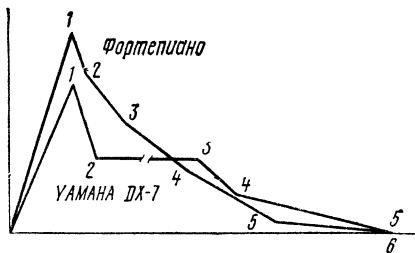


Рис. 5. Пример сегментации огибающей сигнала: в электрофортепиано; в синтезаторах фирмы YAMAHA

сочно-линейных функций огибающих, большая часть из которых приходится на фазу атаки. В более простых случаях используют четыре-пять сегментов [20] (рис. 5).

Описание огибающей представлено тремя параметрами на каждый сегмент: начальным значением, коэффициентом наклона (инкрементом), конечным значением или длительностью. Учитывая, что при качественном синтезе одного голоса необходимо не менее шестнадцати осцилляторов, возможна ситуация, когда модель должна в ответ на входное событие выдать последовательность из шестнадцати описаний осцилляторов, каждое из которых состоит из трех параметров, описывающих сегменты огибающих амплитуды, трех параметров огибающей частоты и одного двух управляющих слов (например, для выбора функции FUN) — всего 128 параметров. Поскольку на эту операцию отводится порядка 10 мс, то на один параметр приходится соответственно порядка 100 мкс. Такой подсчет недостаточно корректен, поскольку параметры осцилляторов, соответствующих данному голосу, или даже разным голосам одного инструмента, взаимосвязаны, поэтому все же удается реализовать управление многоголосым инструментом с использованием относительно дешевых микропроцессорных средств широкого применения: Z-80 [23], 6502 [24]; M6809 [4].

Тем не менее модель инструмента все же является достаточно узким местом, поэтому создатели КМС стараются использовать для ее реализации более мощные вычислительные средства. В современных моделях КМС это универсальные или специализированные компьютеры на основе M68000 [25, 26]. МикроЭВМ типа «Электроника 60» обеспечивают полное управление тридцатью двумя осцилляторами [17, 23, 27], что эквивалентно двум голосам при моделировании акустических инструментов ЧМ аддитивным методом. В одном из наиболее мощных КМС — Synclavier может одновременно генерироваться 32 ЧМ-аддитивных голоса (на основе 128 осцилляторов) и 32 голоса методом непосредственного кодирования [8, 9].

Программное обеспечение для генерации нотного текста и модели инструмента не входит в круг вопросов, рассматриваемых в данном обзоре. Хотелось бы только проиллюстрировать уровень требований, предъявляемых к модели. Известно [2], что спектральные и временные характеристики акустических инструментов зависят от высоты звука и техники звукоизвлечения. Так, концертный рояль генерирует около 4,5 тыс. различимых на слух тембров.

Хорошая модель инструмента должна формировать в соответствии с поступающими на вход событиями описание сигнала, выбирая по определенным правилам один из тембров. В связи с этим может возникнуть вопрос о необходимости моделирования звучания акустических инструментов. Если даже не принимать во внимание коммерческую ситуацию, которая складывается в пользу КМС, то просто для того, чтобы КМС нашло признание у профессиональных музыкантов и заняли свое место в ряду традиционных музыкальных инструментов, они должны предоставлять не меньше выразительные средства, чем акустические инструменты. Можно сказать, что возможность моделирования звучания натуральных инструментов является своеобразным тестом на «профессиональную пригодность» КМС.

Функционирование модели и ее связь со следующим уровнем обработки — звуковым процессором — порождает и несколько проблем схемотехнического плана. Во-первых, однопроцессорная реализация модели инструмента может успешно управлять не более, чем тридцатью двумя осцилляторами. В том случае, когда требуется большее число осцилляторов, необходимо либо уменьшать число управляемых параметров и частоту квантования выходного сигнала, как это делается в коммерческих системах, либо распараллеливать модель на несколько процессоров. Забегая вперед, отметим, что и звуковой процессор на частоте квантования 50 кГц в состоянии отрабатывать до тридцати двух осцилляторов [15, 29], поэтому здесь и лежит граница, разделяющая однопроцессорные [15] и многопроцессорные [31] системы.

Если рассматривать пару процессоров модели — звуковой процессор (ЗП), то здесь возникают две трудности: первая — обеспечение синхронизации модели и звукового процессора и вторая — быстрая загрузка данных из процессора модели в ЗП, не вызывающая искажений выходного сигнала. Синхронизация обычно осуществляется следующим образом [17]: процессор модели в ответ на событие, полученное с клавиатуры или в результате обработки нотного текста, загружает в ЗП данные о начальных сегментах огибающих амплитуды и частоты осцилляторов и за-

пускает процесс генерации звукового сигнала.

Звуковой процессор вычисляет значение огибающих частот и амплитуд осцилляторов и значения отсчетов звукового сигнала. Когда огибающая достигает указанного конечного значения, ЗП формирует запрос в процессор модели, на основании которого последний должен выставить параметры нового сегмента. На фазе атаки сигнала длительность сегмента кусочно-линейной функции огибающей может составлять величину порядка 10 мс, т. е. через 10 мс после начала генерации звука могут появиться запросы от ряда или (в худшем случае) от всех осцилляторов. На обновление параметров осцилляторов будет затрачено время, сопоставимое с длительностью сегмента. Следует отметить, что этот пример рассматривает случай пиковой нагрузки на интерфейс, «модель—звуковой процессор». Средняя же скорость передачи информации составляет около 1000 параметров/с [17] на 32 осциллятора. Подразумевается, что синтез звука в ЗП, а следовательно, и вычисление всех параметров модели и всех значений осцилляторов происходит каждый раз заново. Такой подход используется в основном в уникальных исследовательских системах. На основании имеющейся информации о коммерческих КМС можно предположить, что в них используются различные способы сокращения необходимых вычислительных ресурсов [2, 4—9, 19, 20, 30], одним из которых является метод непосредственно кодирования.

На аппаратном уровне обмен информацией между процессором модели и звуковым процессором происходит по схеме, приведенной на рис. 6.

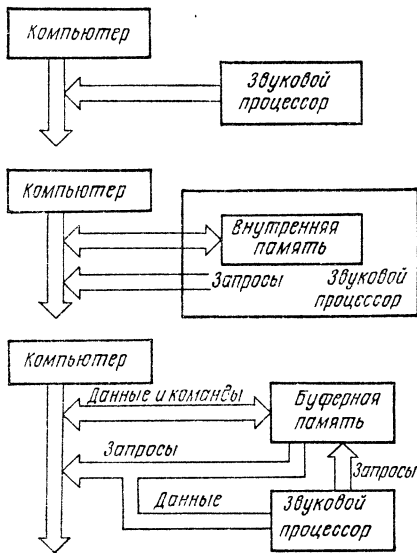


Рис. 6. Структура типового интерфейса управляющего компьютера и звукового процессора

В самых простых системах звуковой процессор является устройством на магистрали управляющего компьютера и принимает от него команды и данные [27, 28]. Запросы от осцилляторов осуществляют систему прерываний. В более производительных системах внутренняя память ЗП находится в адресном пространстве управляющего компьютера [15], что позволяет существенно повысить скорость обмена. Оба варианта организации связи могут быть реализованы с использованием любой микропроцессорной магистрали, например Q-bus [15] или S-100 [27]. Для демпфирования пиковой нагрузки на интерфейс в наиболее мощных системах применяется промежуточная буферная память типа FIFO. В этом случае процессор модели последовательно помещает в буфер данные, а ЗП берет их оттуда по мере необходимости. Запрос на обслуживание осциллятора в первую очередь направляется в буфер, а если он пуст, то в процессор модели [29, 31, 32].

Особенности архитектуры звуковых процессоров

В системах музыкального синтеза ЗП осуществляет вычисление осцилляторных функций и на их основе — синтез звукового сигнала, а в более универсальных системах — фильтрацию сигнала, реверберацию, регистрацию натуральных звуков для их последующего использования.

Различают ЗП, предназначенные для студийных и исполнительских целей [23, 24, 31]. И те и другие могут работать в реальном масштабе времени, однако для первых необходим дополнительный объем вычислений и гибкость программирования, связанные с редактированием звуковых «текстов» и большим разнообразием функций ЗП. Соответственно различаются и потоки данных — как внутри ЗП, так и извне. Для студийных применений, где принят диапазон частот звукового сигнала до 20 кГц, стандартные частоты квантования составляют 44,056; 48 и 50 кГц. Объем поступающих на вход ЗП данных может составлять около 15 Мбит/с на звуковой канал [29].

В исполнительских устройствах потоки данных меньше — около 250 Кбит/с, однако помимо этого система должна одновременно с исполнением обрабатывать изменения в характере вычислений. В исполнительских системах частота квантования выходного сигнала обычно составляет не 50 кГц, а 32 кГц и менее.

Для синтеза естественных звуков обычно требуется генерация не более 32 осцилляторов на звуковой канал. Для реализации каждого осциллятора (см. рис. 1) необходимо около 10 арифметических операций и 10 операций обращения к памяти данных, которые сопровождаются 20 пересылками. Частоте квантования 50 кГц соответствует вычисление

функции одного осциллятора за время порядка 0,5 мкс и, следовательно, — быстродействие процессора на уровне 20 млн. операций/с. Современная элементная база (ТТЛШ-микропроцессоры и быстродействующие ЗУ статистического типа) и технологические возможности позволяют реализовать быстродействие на уровне 10 млн. операций/с при скоростях передачи информации в пределах одной платы до 20 млн. обменов/с. Дальнейшее повышение быстродействия хотя и возможно, но связано с существенными технологическими трудностями и переходом к использованию ЭСЛ-микросхем. Поэтому при реализации ЗП для повышения быстродействия используют методы распараллеливания вычислений и организацию поточного режима обработки.

Организация параллельных вычислений с требуемой производительностью возможна на основе функциональной независимости следующих видов информации:

Циклические программы (программа работы ЗП), состоящие из последовательности микроинструкций, не изменяющихся в процессе выполнения вычислений.

Обычно один цикл работы программы выполняется за один период отсчета звукового сигнала. При быстродействии ЗП до 20 млн. операций/с длина программы не может превышать нескольких сотен инструкций. В большинстве ЗП система команд не включает в себя операций условных переходов, функции которых выполняют условно исполняемые операции. Это позволяет за счет некоторой потери гибкости упростить часть схемы ЗП, управляющую последовательностью исполнения команд и обеспечить полную синхронность работы ЗП. Физически ЗУ команд (ЗУКОМ) может быть реализовано в виде ЗУПВ, загружаемого из управляющего компьютера, ПЗУ или аппаратно.

Сверхоперативная информация — частоты и фазы осцилляторов (в случае аддитивного синтеза), весовые коэффициенты цифровых фильтров, часы реального времени и т. п. Эта информация наиболее часто используется в процессе вычисления и требует оперативного доступа. Обращение к ней производится по фиксированным для данной программы адресам, поэтому для ее хранения используются сверхоперативные ЗУ (СОЗУ), построенные на основе быстродействующих БИС статической памяти небольшой емкости (до 4 Кслов), для адресации которых выделяется часть поля инструкции.

Информация о форме сигнала включает в себя значения отсчетов сигнала при его обработке, например в цифровых фильтрах и ревербераторах, или описание фор-

ны синтезируемого звукового сигнала. Для хранения этой информации требуется память существенно большего объема. Так, для реализации алгоритмов реверберации необходимая задержка сигнала составляет до 0,5 с, что соответствует объему памяти формы сигнала ЗУФС—32 Кслов [33]. В процессоре одного из самых простых синтезаторов [15] описание формы сигнала содержится в ПЗУ объемом 12 Кслов. В КМС, построенных по принципу прямого кодирования, объем памяти формы сигнала достигает десяти и более мегабайт [26]. Доступ к этой информации осуществляется в соответствии с адресами, вычисляемыми в процессе выполнения программы, например текущая фаза осциллятора фактически является адресом ЗУ формы сигнала. Средняя частота обращения к ней — один-два раза за время вычисления одного осциллятора, что значительно ниже, чем при обращении к СОЗУ, поэтому оно обычно выполняется на микросхемах ОЗУ динамического типа или в простейших синтезаторах на ПЗУ.

Вспомогательная информация для применяемых алгоритмов. Обычно в синтезаторах операции вычисления функций выполняются с использованием таблиц и методов интерполяции [10, 21]. Это позволяет существенно повысить скорость выполнения операций при некотором уменьшении точности. Таблицы содержатся в ПЗУ емкостью 16...64 Кслов, адресуемого аналогично ЗУФС.

Размещение этих данных в независимых ЗУ позволяет за один такт осуществить доступ к ЗУКОМ, СОЗУ, ЗУФС и таблицам.

Если обратиться к алгоритму отдельного осциллятора (см. рис. 1), то видно, что вычисления, необходимые для его реализации, распадаются на группы. Первая — вычисление кусочно-линейных функций приращения частоты и амплитуды, значения фазы и амплитуды осциллятора. Для этого требуются в основном операции целочисленного сложения, которые могут исполняться с помощью обычного АЛУ. Вторая — формирование на основе текущего значения фазы осциллятора адреса ЗУФС. В простейших ЗП адрес ЗУФС тождествен значению фазы. Однако в более универсальных системах, где в одном устройстве памяти может содержаться информация о нескольких сигналах, возникает необходимость в преобразовании логического адреса, вычисляемого в АЛУ, в физический адрес ЗУФС. Такое преобразование может выполняться независимо от основных вычислений, поэтому ряд ЗП содержит контроллер адресов ЗУФС. На него могут быть частично переданы и вычисления фазы сигнала при аддитивном синтезе.

Третья группа вычислений связана

с обработкой выбранной из ЗУФС информации: масштабированием, суммированием с выходами других осцилляторов и (или) фильтров. Наиболее распространенным вариантом организации этих вычислений является использование БИС перемножитель-аккумуляторов.

Основные элементы ЗП и их параметры, достижимые при использовании современной отечественной элементной базы, приведены в таблице.

Элемент ЗП	Емкость, слов	Разрядность, бит	Быстродействие, Нс	Микросхемы
ЗУКОМ	256...4К	32...120	50...100	K541PY2, A132PY1
СОЗУ	256...4К	16...24	50...200	То же
ЗУФС	16К...14К	16...24	100...500	K565PY6, K565PY5
АЛУ	—	16...24	100...200	K1804BC1, K1802BC1
Перемножитель	—	12...24	100...200	K1802BP5, K1518BM1

Архитектура ЗП

Тип 1. Организация связей в соответствии с основным алгоритмом работы ЗП, например ЧМ-аддитивным. В этом случае удается добиться наиболее высокой производительности.

Тип 2. Построение процессоров с регулярной (магистральной) архитектурой и высокой степенью распараллеленности вычислений.

Тип 3. Создание модульного ЗП на основе быстродействующей магистрали обмена данными. Такой подход не получил дальнейшего развития, так как, используя современную элементную базу, можно разместить достаточно мощный ЗП на одной плате.

С точки зрения авторов предпочтительнее ЗП с регулярной структурой, поэтому ниже мы рассмотрим два примера именно таких процессоров,

Звуковой процессор DMX-1000 и система LUCASFILM

Процессор DMX-1000 [27] разработан для реализации ЧМ-аддитивного алгоритма синтеза и может рассматриваться как один из наиболее простых ЗП (рис. 7). Процессор имеет микропрограммное управление, один уровень поточной обработки информации, обеспечивается интерфейсами к LSI-11/23 или S-100. Основной элементной базой, определяющей его

производительность, являются БИС серии AM29XX (ТТЛШ-разрядно-модульные БИС).

Арифметическая часть DMX-1000 представлена 16-разрядным РАЛУ (четыре 4-разрядные секции 2901, содержание АЛУ и шестнадцать регистров) и 16-разрядной БИС перемножителя-аккумулятора. Умножение осуществляется над 16-разрядными числами с получением 32-разрядного результата. Машинный цикл составляет 200 нс, Частота квантования звукового сигнала — 19...50 кГц.

Процессор DMX-1000 при частоте квантования 19,3 кГц может обработать 24 простые осцилляторные функции, 16 осцилляторных функций с управлением огибающей, 8 частотно-модулированных голосов, 20 фильтров первого порядка, 10 фильтров второго порядка, 30 генераторов белого шума, а также их различные комбинации.

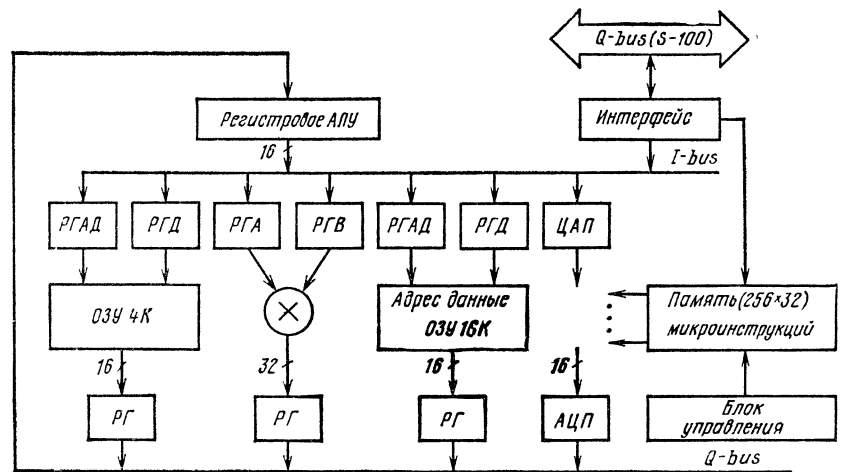


Рис. 7. Структурная схема DMX-1000 процессора

Работа процессора полностью синхронна и управляется одним горизонтальным 32-разрядным микрокодом. Каждая микроинструкция инициализирует выполнение нескольких операций.

Программа работы ЗП находится в ЗУ объемом 256 32-разрядных слов. Система команд не содержит команд безусловного или условного переходов. Процессор имеет сверхоперативную память для хранения констант, коэффициентов для умножения и адресной информации, а также формы сигнала, необходимой для доступа в память. Сверхоперативное ЗУ адресуется от части кода микроинструкции.

В отличие от большинства ЗП DMX-1000 не вырабатывают запросов на обслуживание. Обмен инициализируется со стороны компьютера более высокого уровня и осуществляется байтовыми сообщениями. Процессор может выполнять всего пять команд управляющего компьютера: прекращение выполнения программы для перезагрузки памяти микроинструкций и памяти данных; выполнение одной микрокоманды; пуск выполнения программы; загрузка одного слова в ЗУ формы сигнала; загрузка одного слова в сверхоперативную память. Со стороны DMX-1000 обмен поддерживается микропрограммно и осуществляется в начале каждого нового цикла выполнения программы. Таким образом, ЗП может воспринять одну команду компьютера за один интервал отсчета выходного сигнала. Такая организация обмена значительно упрощает аппаратную часть ЗП, но усложняет оперативное управление кусочно-линейной функцией огибающей.

Процессор разрабатывался как коммерческий вариант ЗП и ориентирован на использование в звуковых студиях и исполнительских музыкальных инструментах для тех случаев, когда интенсивный обмен между ЗП и более высокими уровнями обработки не является необходимым. На основе DMX-1000 и микроЭВМ LSI-11 создана коммерческая цифровая звуковая система DMX-1010 [28]. Примером компьютерной системы синтеза и обработки с максимальными возможностями может служить система LUCASFILM, разработанная на одноименной кинофирме [29, 31] (рис. 8). Она может использоваться при озвучивании фильмов для документирования, обработки и микширования информации, а также для анализа, синтеза и обработки музыкальных звуков любой сложности. В своей максимальной конфигурации она обеспечивает выполнение в цифровом виде всего круга работ, связанных с созданием шестиканального звукового сопровождения полнометражного художественного кинофильма.

Система содержит управляющий

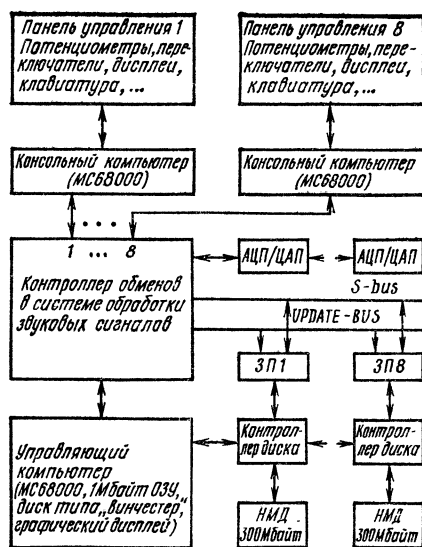


Рис. 8. Структурная схема LUCASFILM компьютерной музыкальной системы

компьютер, построенный на основе микропроцессора 68000 фирмы Motorola и ОЗУ емкостью 1 Мбайт. Комплектуется жестким диском типа «винчестер», графическим дисплеем высокого разрешения, системой обработки звуковых сигналов и консольными системами, которые служат интерфейсом между оператором (инженером звукозаписи композитором, музыкантом-исполнителем) и обрабатывающей частью системы (рис. 9).

Для композиторов и музыкантов-исполнителей такой интерфейс может быть представлен в виде традиционной музыкальной клавиатуры в сочетании с управляющими органами в виде переключателей и различного типа потенциометров.

Консольный компьютер, выполненный, как и управляющий, на основе микропроцессора 68000, направляет в систему поток управляющих пара-

метров и данных или считывает текущие значения обрабатываемых сигналов. Управление обменом осуществляется аппаратно посредством контроллера, который располагает четырьмя магистралями внутри системы и несколькими — для обмена с консольными системами.

Система содержит до восьми ЗП. Управление на уровне контроллер — ЗП осуществляется посредством двух 24-разрядных магистралей: 1) S-bus для передачи данных в АЦП (ЦАП) и другие ЗП; 2) UPDATE-bus — для обмена управляющей информацией.

Одна система при частоте квантования 50 кГц позволяет управлять 64 акустическими каналами (АЦП/ЦАП). При такой частоте максимальное число каналов, подключаемое к одному ЗП, не превышает восьми. За счет снижения частоты квантования до 35 кГц число каналов может быть увеличено до 12 (на каждый ЗП). Каждый ЗП при тактовой частоте 20 МГц делает около 18 миллионов 24-битовых целых умножений-сложений в секунду, параллельно обмениваясь с дисками и ЦАП (АЦП) со скоростью около 6,4 млн. бит/с и обрабатывая управляющую информацию (изменения в микрокоде и содержимом памяти), поступающую с консольных процессоров.

Архитектура одного ЗП (см. рис. 9) содержит две 24-разрядные входные магистрали A-bus и B-bus, объединяющие все входы блоков, а также двухвходовые регистры при каждом из них, которые позволяют, используя два 16-входовых мультиплексора, осуществить любую необходимую коммутацию всех блоков. Все операции в устройстве выполняются синхронно (каждые 50 нс считывается следующая микроинструкция) и последовательно (счетчик микрокоманд инкрементируется, начиная от нуля до установленной величины и затем возвращается в нуль) под управлением горизонтального 96-битового микрокода. Емкость ЗУ

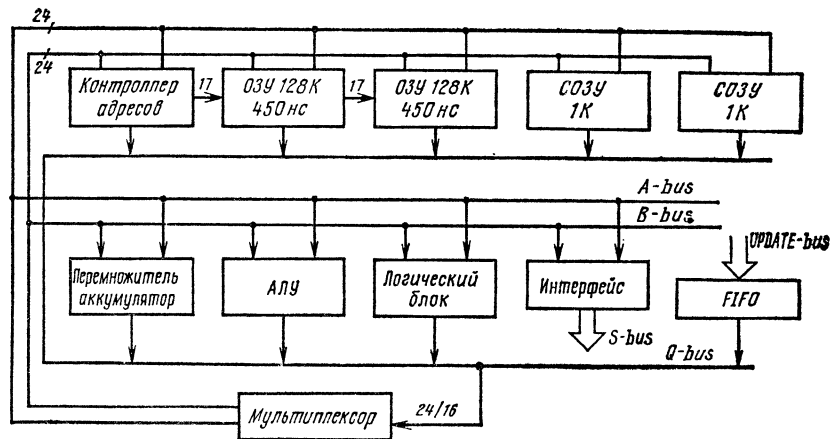


Рис. 9. Структурная схема LUCASFILM процессора

команд составляет 4К микроинструкций.

Принятие решений осуществляется путем условного выполнения микроинструкций с учетом результата выполнения операции логическим блоком. Основные вычислительные операции над данными выполняются в многофункциональном блоке аккумулятора-перемножителя, который представлен 24×24 битовым со знаком или без знака перемножителем и 48-битовым аккумулятором с полным временем выполнения операций 200 нс (операции над беззнаковыми данными широко используются в линиях задержки переменной длины или ревербераторах). Поточная организация вычислений в блоке позволяет принимать данные каждые 50 нс.

Память формы сигнала размещена на отдельной плате в виде двух банков по 128К 24-битовых слов. Всего до восьми таких плат может быть подключено к каждому ЗП. Оба банка могут функционировать одновременно, осуществляя таким образом две 24-битовые передачи каждые 450 нс. Удобство доступа при адресации достигается за счет введения специального блока — контроллера адреса, состоящего из сдвиговой матрицы и сумматора, которые обеспечивают адресацию двумерных таблиц, имеющих длину, кратную степени числа 2.

Для обмена информацией с диском в процессоре организован канал прямого доступа к банкам памяти, имеющий свою систему адресации и работающий асинхронно и «прозрачно» по отношению к ЗП (используя циклы памяти, когда ЗП к ней не обращается). В нормальном режиме выполнения операций предполагается использование четырех плат памяти с общей емкостью 1 млн. 24-битовых слов. Этого оказывается достаточно для организации адекватного буфера диска, линии задержки и таблицы формы сигнала.

Наибольший интерес представляет организация обмена данными и управляющей информацией между: 1) контроллером и ЗП (средством однонаправленной магистрали UPDATE bus), 2) между отдельными ЗП, ЗП и дисками; 3) ЗП и АЦП, ЦАП (через двунаправленную магистраль данных — S-bus). Информация по UPDATE bus поступает от контроллера (по мере ее генерации консольными системами или управляющим компьютером) в виде триплетов, содержащих код операции, данные и адрес. В каждом ЗП имеется магистральный буфер объемом 256 40-битовых слов, в котором поступающая информация образует очередь. Контроллер имеет возможность писать информацию в конец, начало или произвольное место в очереди. Этим обеспечивается своевременное (без задержки) прохождение оперативной управляющей информации,

Управление обменом осуществляется посредством двух видов кодов операций, вырабатываемых контроллером. Это операции над данными в соответствии с указанными адресом и кодом операции и операции типа «wait until», в которых данные и адрес воспринимаются как одно 32-битовое число и сравниваются со значением счетчика отсчетов ЗП. По результатам сравнения процессор либо продолжает обмен (если значение счетчика больше или равно аргументу команды «wait until»), либо приостанавливает его (если значение счетчика меньше). При этом операция «wait until» соответственно удаляется или остается в очереди.

Считывание информации происходит каждые 50 нс (обычно берут ее из начала очереди), и, если ЗП опустошили буферы или в результате сравнения оказалось, что значение счетчика отсчетов меньше, чем аргумент команды «wait until», они переходят в режим обработки, начиная вычисления с нулевой инструкции.

В режим обмена ЗП переходит после вычисления очередного отсчета. Максимальное число возможных обменов между вычислениями двух отсчетов составляет 256. Время ожидания ЗП в режиме обмена — 150 нс.

Рассмотренный здесь алгоритм взаимодействия хорошо иллюстрирует и реализует возможности управляющего и обрабатывающего компьютеров, позволяя отрабатывать необходимое число изменений, возникающих при синтезе сразу нескольких новых сигналов или сложных форм.

Для синхронизации работы всех консольных компьютеров с системой из восьми ЗП только один из них может помещать в очередь операции типа «wait until». При такой организации обмена ограничения со стороны аппаратуры на скорость передачи информации определяются максимальной скоростью приема, которая для LUCASFILM процессора составляет в среднем около 1 000 000 обменов/с, и скоростью отработки и доставки их управляющим или консольным компьютером — для микропроцессора 68000 — около 100 000 обменов/с.

В отличие от магистрали UPDATE bus, магистраль S-bus целиком предназначена для обмена данными. Она используется для коммуникации между звуковыми процессорами, ЦАП и АЦП. Управление работой буферов ЦАП и АЦП ведется контроллером, который помещает очередную информацию в конец очереди. Если буфер занят, контроллер приостанавливает таймер ЗП. Кроме того, S-bus имеет свою память (256 элементов), которая записывается S-bus операциями и может быть прочитана любым компьютером при помощи UPDATE интерфейса, позволяя тем самым иметь канал обратной связи.

Рассмотренная система имеет воз-

можность одновременно вести обработку информации, поступающей по нескольким каналам, синхронный и асинхронный обмен данными и замену больших блоков памяти без прерывания процесса вычисления.

В заключение можно сказать, что в статье остались не рассмотренными такие вопросы, как программное обеспечение систем музыкального синтеза на всех уровнях, архитектура процессоров клавиатуры, принципы построения неградиционных органов управления для компьютерных синтезаторов, модели акустических инструментов, вопросы точности вычислений и т. д., а также отсутствуют ссылки на ряд работ, помещенных в списке литературы. Они представляют интерес, но не могли быть освещены в обзоре [35—40].

Телефон для справок: 135-23-70, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кокин Л. Юность академиков. М.: Сов. Россия, 1981. 235 с.
2. Kurzweil R. The Goals of the Kurzweil 250. Preprint, Aug. 1984, 8p.
3. Справочник по нелинейным схемам / Под ред. Шнейголда Д. М.: Мир, 1977, 523 с.
4. Hammond R. Fairlight Music Computer. // Practical Electronics.—1983, July. P. 32—37
5. Emulator II Owners Manual. E-MU System Inc. Santa Cruz, 1985, 215 p.
6. Fairlight Instrument Product News.—1985.—N 3.—4 p.
7. Fairlight News Letters. 1985.—N 5, 4 p.
8. In Sing. A Quarterly Publication By New England Digital. Sept. 1984, 4 p.
9. In Sing. Winter 1985, 4 p.
10. Аллес Х. «Цифровой синтез музыки в реальном времени». — ТИИЭР.—1980.—Т. 68.—№ 4.—С. 5—21.
11. Alles H. A Portable Digital Sound Synthesis System. // C.M.J.—1977.—V. 1.—N 4.—P. 5, 6.
12. Alles H. A Modular Approach to Build Large Digital Synthesis System. // C.M.J.—1977.—V. 1. N 4.—P. 14—15.
13. Alles H. A 256 Channel Performer Input Device. // C.M.J.—1977.—V. 1.—N 4. P. 10—13.
14. Alles H., Giugno P. A One-Card 64 Channel Digital Synthesizer. // C.M.J.—V. 1.—N 4.—P. 7—9.
15. Alles H. An Inexpensive Digital Sound Synthesizer // C.M.J. 1979.—V. 3.—N 3.—P. 28—31.
16. Moore H. et al. The 4C-Machine. C.M.J.—1979.—V. 3. N 3. P. 16—24.
17. Moore J. Synthesizers I Have Known and Loved. C.M.J.—1981.—V. 5.—N 1.—P. 4—12.

18. Moor F. The Computer Audio Research Laboratory at U.C.S.D. // C.M.J.—1982.— V. 6.— N 1.— P. 18—29.
19. Yamaha's 85 New Combo Product. Рекламный проспект.— 11 С.
20. Yamaha DX Series. Рекламный проспект.—1985. 7 стр.
21. Мурер Дж. Вопросы обработки сигналов при машинном синтезе музыки.— ТИИЭР.— 1977.— Т. 68.— № 8.— С. 5—40.
22. What's MIDI? Yamaha, 1985, 24 p.
23. CRumar General Development System. // C.M.J.— 1980. V. 4.— N 1.— Рекламное приложение.
24. Con Brio Digital Sound Synthesizer // C.M.J.—1980.—V. 4.— N 1. Рекламное приложение.
25. Kurzweil's «Smart» Music Machine // Music Trades.— 1984.— 15. Jan. P. 114—115.
26. Series III Fairlight CMI // Studio Sound.—1985. Oct. P. 74—78.
27. Wallraff D. DMX-1000 Computer Sound Processor // C.M.J.— 1979.—V. 3.— N 4.— P. 44—49.
28. DMX-1010 Computer Sound Processor // C. M. J.—1982. V. 6.— N 1.— P. 52—53.
29. Moorer J. The Lucasfilm Audio Signal Processor // C.M.J.—1982.— V. 6.— N 3.— P. 22—23.
30. Report from the 1980 Audio Engineering Society Convention in Los Angeles // C.M.J.— 1980.— V. 4.— N 3.— P. 66—73.
31. Shell J. The Lucasfilm Real Time Console for Recording Studio and Performance of Computer Music // C.M.J.—1982.— V. 6.— N 3.— P. 33—45.
32. Samson P. General Purpose Digital Synthesizer // C.M.J.— 1978.—V. 2.— N 2.— P. 1013—1022.
33. Sekiguchi K. A New Approach to High-Speed Digital Signal Processing Based on Microprogramming. // J. of Audio Eng. Soc.— 1983.—V. 31.— N 7—8.— P. 517—522.
34. Codi D. The RTM-5 Signal Processing Architecture // C.M.J.— 1982.—V. 6.— N 2.— P. 52—60.
35. Wessel D. Timbre Space as Musical Control Structure // C.M.J.— 1979.— V. 3.— N 2.— P. 45—52.
36. Chadabe J. Some Reflections on the Nature of the Landscape Within Which Computer Music Systems are Designed // C.M.J.— 1977.— V. 1.— N 3.— P. 5—11.
37. Holtzman S. An Automated Digital Sound Synthesis Instrument // C.M.J.—1979.— N 2, v. 3, p. 53—61.
38. Kaplan S. Developing a Commercial Digital Sound Synthesizer // C.M.J.—1981.— V. 5.— N 3. P. 62—73.
39. Mathews M. The EGG: A Purely Digital Real Time Polyphonic Sound Synthesizer. // C.M.J.— 1978.— V. 2.— N 2.— P. 32—36.
40. Parks D. Hardware Design of Digital Synthesizer. // C.M.J.— 1983.— V. 7.— N 1.— P. 44—65.

Статья поступила 8 июля 1986 г.

УДК 681.8 · 681.3

Ю. Н. Барышников, Б. Г. Белкин, М. Г. Гордон

МИКРОПРОГРАММИРУЕМЫЙ ПРОЦЕССОР — ИНСТРУМЕНТ ЗВУКОРЕЖИССЕРА

Современная профессиональная техника подготовки звуковых программ на телевидении, в кинематографии, радиовещании, промышленности грамзаписи требует применения все более сложных способов обработки звуковых сигналов при сохранении весьма высокого их качества.

Типичной стала технология многоканальной звукозаписи, когда каждый инструмент записывается в отдельном канале, а часто и последовательно во времени. Полученная исходная многоканальная фонограмма затем обрабатывается звукорежиссером на этапе перезаписи. В результате этого получается монофоническая или стереофоническая фонограмма. Наряду со сложением сигналов отдельных каналов, панорамированием, усилением, простой регулировкой сигналов нередко возникает необходимость в сложных деформациях их временной, динамической и спектральной структуры или даже в синтезе искусственных сигналов. Такие задачи удается решать только при условии представления звуковых сигналов в цифровой форме и обработки их вычислительными методами, т. е. с помощью специализированных ЭВМ.

Звуковые сигналы, с достаточной для большинства современных приложений точностью, можно ограничить полосой частот $20 \dots 20 \cdot 10^3$ Гц, а диапазон изменения мгновенных значений — с учетом шума каналов величиной порядка 80...96 дБ. Для речевых сигналов эти цифры можно уменьшить в два раза. Телефонное качество обеспечивается при уменьшении полосы частот в четыре раза. Таким образом, в каждом цифровом канале необходимо обрабатывать поток данных, создаваемых источником со скоростью 10...80К байт/с.

В настоящее время идет процесс формирования представлений о структурах аппаратных и программных

средств цифровых процессоров звуковых сигналов (ЦПЗС), обеспечивающих, при разумных затратах, решение задач различной вычислительной сложности в реальном времени. На начальном этапе ЦПЗС строились с использованием ТТЛ-схем малой и средней степени интеграции [1]. Появление разрядно-модульных микропроцессорных секций обеспечило необходимую базу для построения ЦПЗС реального времени [2]. Некоторые структуры, ориентированные на такие типичные задачи обработки как корреляционный анализ, вычисление свертки для наиболее распространенного вида звуковых сигналов — речевого, удается реализовать на однокристалльных процессорах сигналов [3]. Однако необходимость обработки сигналов большого объема, чем телефонный, сегодня удовлетворяется ассортиментом узко специализированных цифровых приборов, процессоры которых удается разместить на одной или нескольких платах. Такие приборы выпускаются как за рубежом, так и в нашей стране. Это блоки эффектов, реализующие различные алгоритмы перестановки адресов входной последовательности данных, представляющих звуковой сигнал: линии задержки, управляемые гребенчатые фильтры, блоки управляемого сдвига фазы сигнала (фэйзеры) и т. п. Кроме того, к ним относятся устройства, имитирующие хоровое звучание, устройства транспонирования тональности, однопараметрические системы автоматического регулирования усиления АРУ; ограничители динамического диапазона звуковых сигналов (лимитеры), устройства адаптивного сжатия и расширения динамического диапазона (компрессоры, экспандеры). Наконец, это приборы линейной и адаптивной фильтрации сигналов: частотные корректоры, ревербераторы, адаптивные системы шумоподавления, реализующие алгоритмы свертки входной последовательности данных с заданной импульсной характеристикой фильтра с постоянными или переменными коэффициентами.

Ограниченная производительность современных ЦПЗС* позволяет звукорежиссеру применять их лишь на уровне встроенных систем [5] с циклическими программами

* Например, для реализации средств обработки звукового сигнала, имеющихся в современном пульте записи, необходимо быстроедействие порядка 10^6 инструкций/с [4].

и интерфейсом ЭВМ — пользователь в форме приборной панели с привычными органами управления и индикации. При работе с такими приборами звукорежиссер имеет доступ только к некоторым готовым константам, используемым в программах обработки сигналов.

Таким образом, появляющееся в студиях цифровое звуковое оборудование обеспечивает новые технические возможности и пока укладывается в сложившуюся форму процесса приготовления звуковых программ. В то же время ориентация на создание множества разнородных приборов усложняет и удорожает их производство и эксплуатацию, затрудняет сопряжение между собой и с другими элементами звуковых трактов. Поэтому актуальной является задача построения различных приборов на основе одного унифицированного ЦПЗС с набором модулей расширения.

Рассматриваемый специализируемый процессор (СП) построен на базе микропроцессорного комплекса БИС серии К1804. Вопросы, традиционные для построения микропроцессорных систем, рассматриваются схематично, тогда как особенности микропрограммируемых устройств реального времени обсуждаются более детально: выбор структуры и форматов представления данных, организация ввода-вывода (В/В) и обработки потоков данных, образуемых сигналами. Широкое распространение стереофонии обязывает предусматривать параллельную обработку и организацию В/В как минимум двух, а то и пяти сигналов.

Специализируемый процессор. Рациональный выбор архитектуры процессора, структуры и форматов представления данных обычно [6] основывается на результатах анализа алгоритмов. Процессор имеет одношинную (для данных) архитектуру. Его микропрограммные средства основаны на представлении данных в байтном формате. Такая архитектура принята на основе анализа объемов операций обработки данных, представляющих звуковой сигнал. Учитывались также операции анализа данных и обмена для алгоритмов обработки малых объемов сигнала.

Обрабатываемый звуковой сигнал представлен 16-разрядными числами в формате с плавающей запятой, из них 4 разряда выделены для представления порядка и 12 — для представления мантиссы в двоичном дополнительном коде. Такое представление сигнала используется в аналого-цифровом и цифро-аналоговом преобразователях, предназначенных для работы с СП, и является неформальным стандартом для АЦП и ЦАП звуковых сигналов, построенных на базе микросхем цифро-аналоговых преобразователей с точностью до 12 разрядов. При этом обеспечивается динамический диапазон 90 дБ и отношение сигнал/шум, измеренное на сигнале, 66 дБ. При представлении того же сигнала в логарифмическом масштабе достаточная для целей анализа и управления процессом обработки точность достигается при работе с 8-разрядными числами в формате с фиксированной запятой. Наконец, для формирования управляющих сигналов, являющихся медленными по сравнению с периодом дискретизации звукового сигнала функциями времени, используются 24-разрядные числа, представленные в формате с фиксированной запятой.

Процессор представляет собой 8-разрядный быстродействующий одноплатный процессор с развитыми средствами В/В [7]. Как и большинство современных процессоров цифровой обработки сигналов, СП является микропрограммируемым процессором с разделением потоков программ и данных. По методике программирования он проще многих микропрограммируемых универсальных ЭВМ благодаря использованию горизонтальной структуры слова микрокоманды с простой организацией полей, но сложнее машин с последовательной программой. Для рассмотрения внутренней структуры СП (рис. 1) удобно разделить его на три части: подсистему микропрограммного управления, подсистему обработки и совокупность цепей, обеспечивающих внутренние и внешние связи.

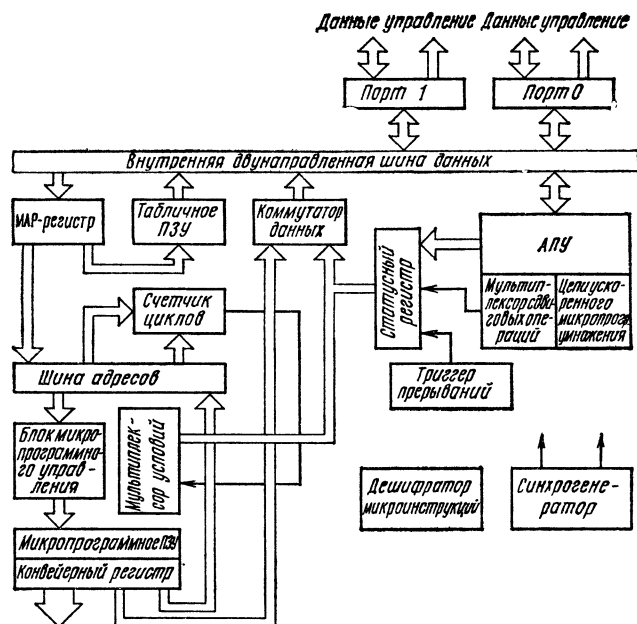


Рис. 1. Структурная схема специализируемого процессора СП

Подсистема управления имеет в своем составе мощный блок микропрограммного управления, реализованный на микросхемах К1804ВУ2 и К1804ВУ3, счетчик циклов, мультиплексор условий с управляемой полярностью передачи, на 7/8 занятый контролем внутренних признаков АЛУ и вспомогательных цепей. Оставшийся восьмой вход мультиплексора используется для анализа триггера флага АЦП. В микропрограммной памяти оказалось достаточным использовать 48 разрядов, разбитых на функционально ориентированные поля, причем для достижения наибольшего быстродействия большинство полей (поля микроинструкций и адресов АЛУ, поле микроинструкций БМУ и др.) определены однозначно [7]. Сравнительно малая длина слова микрокоманды получена за счет использования одной внутренней шины данных, а также введения универсального поля и дешифратора микроинструкций. Последнее оказалось возможным, поскольку для реальных программ обработки сигналов нет необходимости в одновременном исполнении некоторых сочетаний операций, например операций обмена данными с внешними устройствами и ускоренного микропрограммного умножения. Входящий в подсистему микропрограммного управления МАР-регистр используется нетрадиционным образом: во-первых, как средство управления ветвлением вычислительного процесса на основе анализа обрабатываемого сигнала по совокупности признаков и, во-вторых, в качестве адресного регистра табличного ПЗУ, входящего в состав подсистемы обработки.

Основным элементом подсистемы обработки являются две микросхемы АЛУ К1804ВС1, в которых используется полный набор микроинструкций и адресов. Для реализации на СП алгоритмов цифровой обработки сигналов в состав подсистемы включены средства, обеспечивающие выполнение последовательных сдвиговых операций, в том числе и над 16-разрядными данными, формирование признаков условий типа $A \geq B$, а также цепи ускоренного микропрограммного умножения беззнаковых чисел и чисел со знаком. Для обработки 16-разрядных данных оказалась удобной двухсторонняя организация табличного ПЗУ. Для одновременного исполнения программ обработки звуковых сигналов и программ анализа данных в существенно различных временных масштабах предусмотрена возможность сохра-

нения признаков в статусном регистре и (или) передача основных признаков АЛУ в регистры АЛУ или МАР-регистр.

Внешние связи СП осуществляются двумя 8-разрядными портами В/В, обеспечивающими обмен данными в пределах микроцикла. Возможен межпортовый обмен при одновременном исполнении в АЛУ регистровых операций. Длительность микроцикла программируется и лежит в пределах 200...350 нс, в зависимости от типа микрокоманды. При организации внешних связей предусмотрено использование СП в микропроцессорных системах двух типов. В системах первого типа, ориентированных на применение в приборах линейной и адаптивной фильтрации, развитая логика проверки условий СП позволяет использовать простые сопроцессоры типа умножителей с накоплением. При этом управление обменом и вычислительным процессом выполняется СП. В системах второго типа, предназначенных для реализации многопараметрических алгоритмов, совместная работа группы СП организуется путем использования многопортового ЗУ для хранения результатов промежуточных вычислений и общих для всей группы процессоров массивов данных. Помимо перечисленных функций схема управления и синхронизации обеспечивает возможность детальной диагностики СП в лабораторных условиях и обнаружения неисправностей простыми средствами в условиях эксплуатации.

В минимальной конфигурации прибора цифровой обработки звуковых сигналов для промежуточного хранения данных, представляющих звуковой сигнал на интервале до 100 мс, совместно с СП используется модуль ОЗУ-СП. Он имеет двухстраничную организацию памяти с объемом страницы 4Кх8 бит и подключается к любому порту СП. Ввод-вывод аналоговых сигналов в СП обеспечивается модулем АЦП/ЦАП.

Организация ввода-вывода сигналов в реальном времени относится к системным функциям приборов цифровой обработки сигналов. Для приборов реального времени основным требованием к организации В/В является сохранение скорости счета по программе обработки, т. е. минимизация затрат времени на согласование синхронных процессов аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразований с асинхронными процессами обработки сигналов. Определенное распространение получили традиционные структуры обслуживания В/В, основанные на прерывании программы обработки. Такое решение реализовано в процессоре сигналов [8], предназначенном для использования в микропроцессорной системе. Возможная организация аппаратных средств для высокоскоростного обслуживания векторного прерывания на микроуровне приведена в работе [9], на микропрограммном уровне — в [10]. Недостатком, ограничивающим использование прерывания для В/В в системах реального времени, является снижение скорости счета по основной программе.

Выделим основные задачи, возникающие при организации В/В в системах РВ. Ограничимся рассмотрением процессов на малых, порядка периода дискретизации, временах при непрерывной, а не блочной структуре потока данных. Прежде всего, это задача формирования единого темпа генерации, обработки и передачи данных, представляющих звуковой сигнал — привязка потока к постоянной частоте дискретизации. На уровне преобразователей этой задачи может и не быть, поскольку АЦП и ЦАП обычно имеют в своем составе средства синхронизации. В ЦПЗС такая привязка может основываться на использовании микропрограмм обслуживания прерывания или флаговой логики. Следующая задача заключается в согласовании отдельных фаз процессов аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразований и вычислительного процесса.

Возможным решением может быть использование флаговой логики. В этом случае начало исполнения программ приостанавливается до тех пор, пока флаг АЦП не будет выставлен. Завершение очередного цикла пре-

образования в АЦП и установка флага инициирует исполнение программы и последующий сброс [2]. К недостаткам этой простой схемы следует отнести понижение быстродействия [11] и необходимость учета времени исполнения всех ветвей микропрограммы для передачи данных в точно согласованный временной интервал.

В двухканальном модуле АЦП/ЦАП использована конвейерная структура потока данных и флаговая логика для привязки к постоянной частоте дискретизации. Модуль имеет в своем составе аппаратные средства, обеспечивающие возможность работы процессора с одним или несколькими такими устройствами. Для этого в модуль введена схема синхронизации, состоящая из стабилизированного кварцевым резонатором генератора с периодом импульсов $T_0=200$ нс, генератора управляющих сигналов на базе счетчика, ПЗУ управляющих сигналов и выходного регистра. Сформированные схемой сигналы используются для управления работой основных узлов модуля АЦП/ЦАП.

Построение схемы на базе счетчика и программируемого элемента памяти (ПЗУ или ПЛМ) в качестве генератора синхросигналов создает возможности для оптимизации характеристик преобразователя. Время преобразования в АЦП удалось сократить до 12 мкс на канал за счет формирования последовательности управляющих сигналов, учитывающей реальные затраты времени процесса поразрядного уравнивания. Данная схема прошла испытания в составе лимитера АЦЛ-М [7]. Эффективность такого решения подтверждается применением схемы в микропроцессорной цифровой системе обработки звуковых сигналов [12].

В модуле АЦП/ЦАП предусмотрены два режима работы схемы синхронизации. Режим ведущего модуля используется при работе с СП одного модуля АЦП/ЦАП или только в одном из модулей многоканального прибора. Схема синхронизации, работающая в режиме ведущего модуля, генерирует два синхронизирующих сигнала с периодами $T_0=200$ нс и $T_S=25$ мкс. В многоканальном приборе эти сигналы принимаются цепями схем синхронизации модулей, работающих в ведомом режиме. Синхросигнал с периодом $T_S=25$ мкс обеспечивает синхронное начало процессов аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразований во всех модулях АЦП/ЦАП, а синхросигнал с периодом $T_0=200$ нс обеспечивает синхронизацию в пределах текущего цикла преобразования. В составе СП имеется триггер флага АЦП, устанавливаемый сигналом синхронизации $T_S=25$ мкс, предусмотрены средства контроля его состояния и программного сброса. Таким образом обеспечивается возможность приема данных, формируемых АЦП строго периодически, и временное согласование моментов начала и завершения отдельных фаз вычислительного процесса. В схеме передачи данных АЦП и ЦАП используются двухслойные конвейерные регистры, работающие в режиме двухканального «пинг-понга».

В минимальной конфигурации прибора цифровой обработки звуковых сигналов: СП, ОЗУ-СП, АЦП/ЦАП* реализуются алгоритмы однопараметрических систем АРУ. Упрощенная структурная схема одной из таких систем — цифрового лимитера, предназначенного для ограничения динамического диапазона звуковых сигналов, показана на рис. 2 В канале обработки звукового сигнала включены два блока. Блок задержки обеспечивает задержку звукового сигнала, поступающего на вход блока регулирования усиления, на время порядка единиц миллисекунд относительно сигнала на входе блока анализа, входящего вместе с блоком вычисления усиления в канал управления. Введение задержки обеспечивает возможность формирования временной зависимости коэффициента усиления сигнала с учетом его будущих

* Здесь не учтены входные и выходные фильтры АЦП/ЦАП, а также органы управления и индикации, соответствующие специализации прибора.

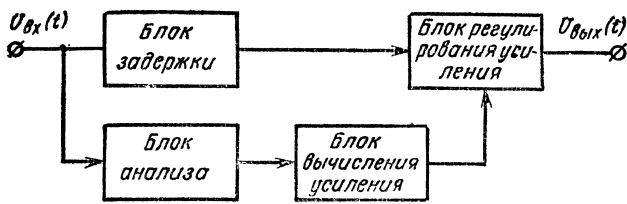


Рис. 2. Упрощенная структурная схема цифрового лимитера звуковых сигналов

значений (см. Приложение). Вопросы построения лимитера и его электроакустические характеристики рас-

Приложение

Алгоритм и подпрограмма задержки звукового сигнала.

Рассмотрим построение алгоритма и подпрограмм задержки DELAY звукового сигнала в цифровом лимитере. Перед фиксированной задержкой на время τ_{Φ} , соответствующей блоку задержки на рис. 2, здесь дополнительно введена задержка на время τ_p , устанавливаемое оператором. Примем время задержки τ_{Φ} , равным 1,6 мс, что соответствует задержке на $N_{\Phi} = 64$ отсчета сигнала при длительности интервала дискретизации 25 мкс. Время задержки τ_p может изменяться от 0 до 100,775 мс при полном использовании объема памяти модуля ОЗУ-СП ($N_p = 0...4031$). Для организации задержки адрес записи входных данных изменяется на +1 на каждом интервале дискретизации, а разность между адресами записи и чтения остается постоянной. При этом для памяти данных объемом 4096 слов число задержанных отсчетов сигнала равно $N = \text{MOD}(\text{АДРЕС ЗАПИСИ} - \text{АДРЕС ЧТЕНИЯ})$, где символом MOD обозначена операция вычисления модуля по основанию 4096. Алгоритм этой операции представлен на рис. 3. Предполагается, что A — целое. На рис. 4 показано взаимное расположение адресов записи чтения для случая $\tau_p = N_p \tau_s = 900 \cdot 0,025 = 22,5$ мс. Адрес чтения задержанных на $N_p + N_{\Phi}$ отсчетов, определяется соотношением

$$\text{АДРЕС ЧТЕНИЯ} = \text{MOD}(\text{АДРЕС ЗАПИСИ} - N_p - N_{\Phi}).$$

Очевидно, что для значения $N_p = 4032$, соответствующего $\tau_p = 100,800$ мс, адреса записи и чтения совпадают.

смотрены в работе [13]. Не останавливаясь на перечислении операций, необходимых для реализации алгоритма работы лимитера (рис. 5), отметим, что они включают в себя все основные типы операций, характерных для алгоритмов цифровой обработки звуковых сигналов. Алгоритм MULTI, основу которого составляет операция умножения чисел, представленных в формате с плавающей запятой, и алгоритм задержки DELAY (рис. 6), рассмотренный подробно в Приложении, непосредственно связаны с обработкой данных, представляющих звуковой сигнал. Алгоритмы SPLOG, FAST, SLOW

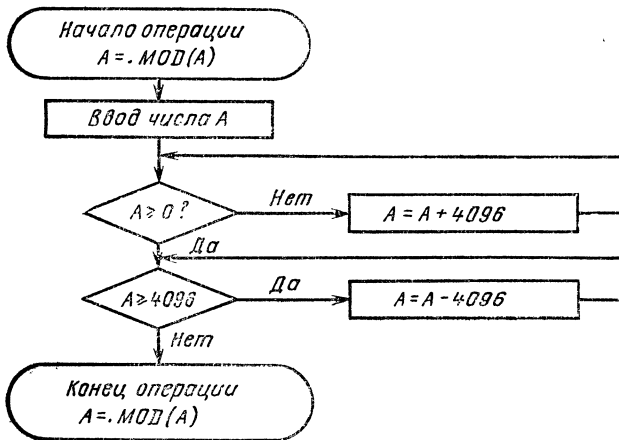
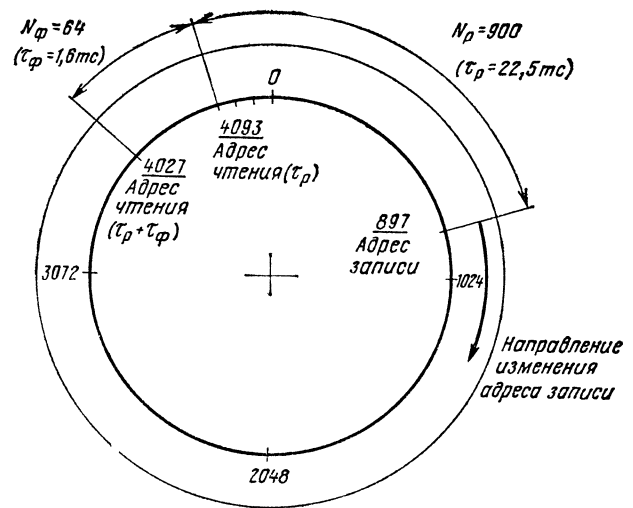


Рис. 3. Алгоритм операции $A = \text{MOD}(A)$



Адрес записи = 897
 Адрес чтения = $\text{MOD}(\text{Адрес записи} - N_p) = \text{MOD}(897 - 900) = 4093$
 Адрес чтения = $\text{MOD}(\text{Адрес записи} - N_p - N_{\Phi}) = \text{MOD}(897 - 900 - 64) = 4027$

Рис. 4. Взаимное расположение адресов записи-чтения при организации задержек

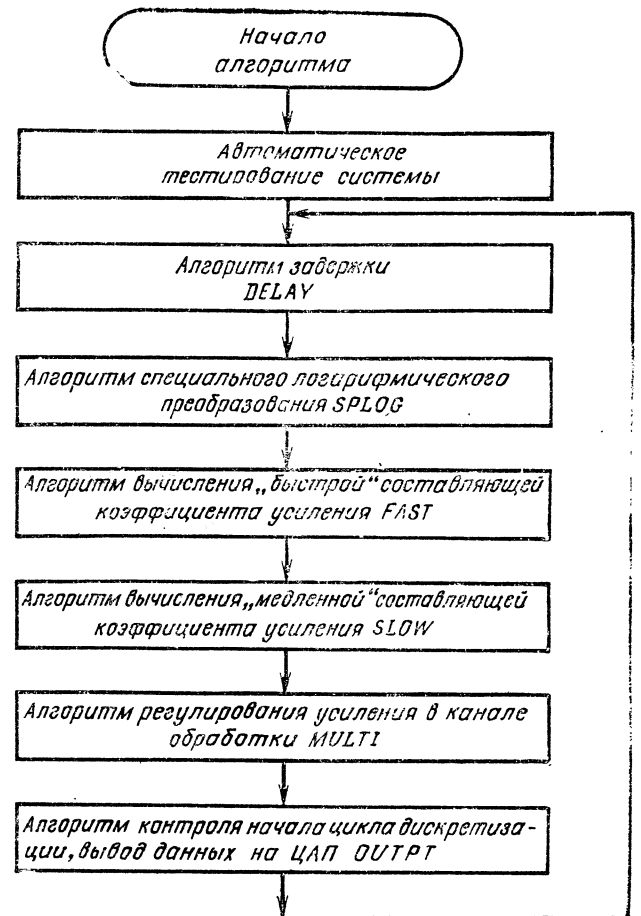


Рис. 5. Алгоритм цифрового лимитера звуковых сигналов

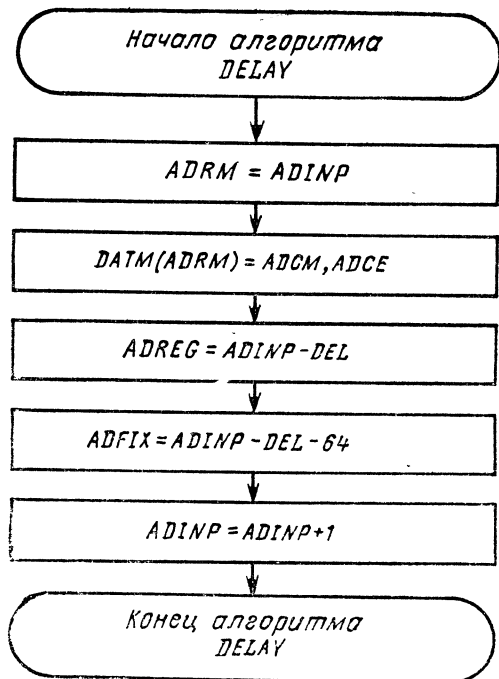


Рис. 6. Алгоритм задержки DELAY

связаны с анализом данных и управлением процессом обработки. Для них характерно использование табличных методов вычислений и большое число условных переходов. Исполнение рабочей части программы начинается с первой микрокоманды подпрограммы, соответствующей алгоритму DELAY и завершается ожиданием и контролем момента начала следующего интервала дискретизации по состоянию триггера флага АЦП (подпрограмма, соответствующая алгоритму OUTPT). После того как триггер установлен синхросигналом $T_s = 25 \text{ мкс}$, генерируемым схемой синхронизации модуля АЦП/ЦАП, обработанные данные передаются в регистр ЦАП, триггер сбрасывается и начинается новый цикл

программы. Как и во всех приборах РВ, время исполнения наиболее протяженной ветви программы здесь ограничено длительностью интервала дискретизации, равной 25 мкс. Требуемая скорость вычислений находится в пределах $3 \cdot 10^6 \dots 2 \cdot 10^7$ операций над байтными операндами в секунду.

Другим примером прибора на базе СП, реализующего различные алгоритмы перестановки адресов входных последовательностей данных, представляющих звуковые сигналы, является многоканальная система задержки сигналов (рис. 7). К порту P0 СП может быть непосредственно подключено до 4-х двухканальных модулей АЦП/ЦАП, а к порту P1 — до четырех модулей ОЗУ-СП*. При этом образуется 8-канальная система задержки с суммарным временем задержки около 400 мс, что обычно достаточно для типовых амбифонических систем [14]. Для реализации программ задержки системой используется менее 30% вычислительных ресурсов СП.

Описанные выше приборы являются примерами однопроцессорных систем на базе СП. К более сложным приборам относится адаптивная система шумопонижения (рис. 8). Такая система представляет собой, по существу, цифровой фильтр достаточно высокого порядка, параметры которого определяются на основе анализа входных сигналов. Основы теории адаптивных систем шумопонижения изложены в работе [15]. Модуль адаптивной фильтрации, показанный на схеме, содержит умножитель с аккумулятором, быстродействующие ОЗУ данных и коэффициентов, схему микропрограммного управления и цепи обмена. При выборе избыточной длины слова данных (24...32 разряда), позволяющей организовать вычисления без выполнения ряда промежуточных операций, связанных с проверкой условий, внутрен-

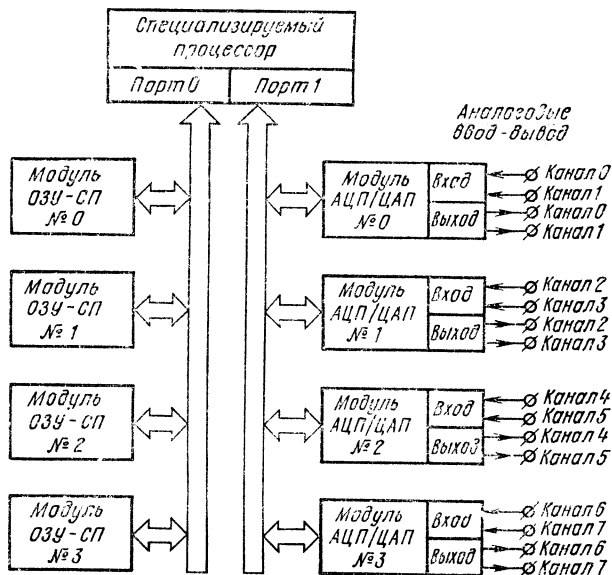


Рис. 7. Многоканальная система задержки звуковых сигналов

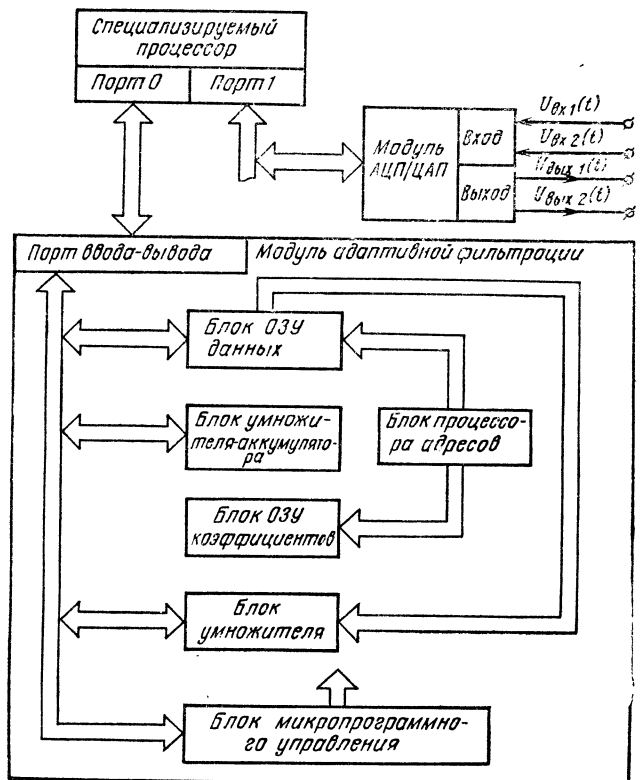


Рис. 8. Структурная схема системы цифровой адаптивной фильтрации

* Возможно применение моделей ОЗУ и с большим объемом памяти.

ная структура блока адаптивной фильтрации оказывается, в силу регулярности рабочей программы, очень простой.

Приведенные примеры показывают возможности построения на базе СП и уже описанных модулей приборов цифровой обработки звуковых сигналов, реализующих большинство алгоритмов, используемых в современной практике обработки звуковых сигналов.

Средства разработки и отладки программ. Для разработки и отладки программ при создании микропрограммируемых цифровых звуковых приборов удобно использовать настраиваемые кроссистемы [9, 16]. Однако из-за малого числа команд, реализуемых современными процессорами в реальном времени, вполне удовлетворительные условия работы обеспечиваются автономным комплексом средств разработки и отладки цифровых звуковых процессоров [17]. Комплекс позволяет провести всю совокупность работ, связанных с разработкой микропрограммируемых цифровых звуковых процессоров: отладку аппаратных средств, разработку и отладку программного обеспечения и, на завершающем этапе, программирование микросхем ПЗУ типа КР556РТ5 в соответствии с разработанной микропрограммой. Работа на комплексе может проходить в двух основных режимах: в режиме программирования и в режиме исполнения микропрограммы. В режиме программирования возможна работа с микропрограммным ОЗУ (МОЗУ) комплекса, ввод данных, редактирование и модификация микропрограммы и т. п. В режиме исполнения микропрограммы МОЗУ работает под управлением блока микропрограммного управления отлаживаемого процессора, эмулируя его микропрограммное ПЗУ, а комплекс генерирует необходимые сигналы управления и синхронизации. В этом режиме могут выполняться такие операции, как загрузка начального адреса, шаговое исполнение микропрограммы, последовательное исполнение, последовательное исполнение с остановом по заданному адресу, последовательное циклическое исполнение, останов исполнения микропрограммы. Предусмотрена также возможность оперативного контроля данных на основных шинах отлаживаемого процессора и его флаговой логики. Структура комплекса допускает последующее расширение функций и подключение дополнительных блоков, имеется своя система команд, предусмотрена возможность подключения внешней ЭВМ.

Адрес для запроса дополнительной информации:
125167 Москва, Ленинградский проспект, 47, НИКФИ,
Лаборатория электроакустики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Blesser B. A., Baeder K., Zaorski R. A Real-Time Digital Computer for Simulating Audio Systems. // Journal of The Audio Engineering Society.— 1975.— V. 23.— No 9.— P. 698—707.

2. Sekiguchi K., Ishizaka K., Matsudaira T. K., Nakajima N. A New Approach to High-Speed Digital Signal Processing Based on Microprogramming. // Journal of The Audio Engineering Society.— 1983.— V. 31.— No 7.— P. 517—522.
3. Bursky D. Algorithms and chips cooperate to squeeze more speech signals into less bandwidth // Electronic Design.— 1985.— October 3.— P. 90—96.
4. Eastty P. Digital Audio Processing on a Grand Scale. Presented at the 81 AES Convention.— 1986 — November, preprint No 2381.
5. Фаулджер Р. Программирование встроенных микропроцессоров.— М.: Мир, 1985.
6. Аллен Дж. Архитектура ЭВМ для обработки сигналов // ТИИЭР.— 1975.— Т. 63.— № 4.— С. 96—107.
7. Барышников Ю. Н. Специализируемая система цифровой обработки звуковых сигналов // Техника кино и телевидения.— 1986.— № 1.— С. 16—20.
8. Hesson J. H., Gallagher F. A., Harrington D. R. A 32 Bit Programmable Signal Processor for a Multiprocessor System Environment // IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing.— 1983.— V. ASSP-31.— No 4.— P. 912—921.
9. Mick J., Brick J. Bit-Slice Microprocessor Design.— N. Y.: Mc Graw-Hill.— 1980.— 398 p.
10. White D. E. Bit-Slice Design: Controllers and ALUs.— N. Y.: Garland STPM Press, 1981.
11. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов.— М.: Мир, 1978.
12. Morley R. E., Engebretson A. M., Trotta J. G. A Multiprocessor Digital Signal Processing System for Real-Time Audio Applications // IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing.— 1986.— V. ASSP-34. No 2.— P. 225—231.
13. Гордон М. Г., Барышников Ю. Н. Принципы построения и основные характеристики аналого-цифрового лимитера // Труды НИКФИ.— 1982.— Вып. 107.— С. 18—27.
14. Фурдуйев В. В. Стерефония и многоканальные звуковые системы.— М.: Энергия, 1973.
15. Уидроу Б., Гловер Д. Адаптивные компенсаторы помех. Принципы построения и применения // ТИИЭР.— Т. 63.— № 12.— 1975.— С. 69—98.
16. Разработка и отладка микропрограммного обеспечения цифровых систем на основе секционирования микропроцессоров. / А. Г. Алексенко, А. В. Гапоненко и др. // Микропроцессорные средства и системы.— 1986.— № 1.— С. 37—43.
17. Барышников Ю. Н., Гречиго С. О. Комплекс средств отладки микропроцессорных систем обработки звуковых сигналов в реальном масштабе времени // Труды НИКФИ.— 1982.— Вып. 107.— С. 28—35.

Статья поступила 31 октября 1986 г.

УДК 681.8 · 681.3

Д. А. Лукьянов, Н. Н. Михайлова

МИДИ — СЕТЕВОЙ ИНТЕРФЕЙС МУЗЫКАЛЬНЫХ СИСТЕМ

Применение цифровых музыкальных инструментов обладающих принципиально новыми эксплуатационными возможностями, вскрывает ряд новых для бытовой и музыкальной электроники проблем. Одна из них — создание простой, надежной и гибкой системы управления и взаимодействия цифровых музыкальных ин-

струментов, объединенных в группу, каждый из которых содержит в свою очередь один или несколько процессоров. При организации связи между разнородными музыкальными инструментами нашли применение принципы создания локальных вычислительных сетей. В частности, дешевым, простым и надежным средством свя-

зи стал принятый в качестве стандарта де-факто цифровой интерфейс музыкальных инструментов (МИДИ), включающий стандарт на аппаратную часть и протокол обмена информацией.

С технической точки зрения МИДИ представляет собой обычный асинхронный интерфейс последовательного обмена со скоростью передачи 31,25 кБод типа токовая петля, источником тока в которой является передатчик информации. Скорость обмена выбрана кратной тактовой частоте дискретизации звукового сигнала для уменьшения уровня помех,

упрощения синхронизации и возможности программной реализации приемопередатчиков в некоторых моделях КМС. Для уменьшения уровня помех МИДИ имеет гальваническую развязку между устройствами. Формат передаваемой информации — байтовый, и каждая посылка содержит один стартовый, восемь информационных, один контрольный и два стоповых бита. Контрольный бит всегда равен нулю. Интерфейс легко реализуется с помощью БИС КР580ИК51 (рис. 1).

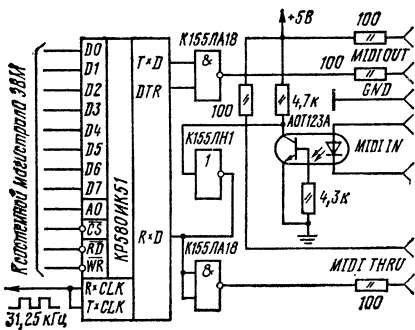


Рис. 1. Вариант схемы интерфейса МИДИ для 8-разрядной ПЭВМ

Локальная сеть музыкальных инструментов представляет собой цепочную структуру, состоящую из основного контроллера (в его роли выступает управляющий компьютер или клавиатура одного из КМС), и ведомых устройств, которые могут передавать информацию в контроллер сети по его запросу. Каждое устройство в цепочке служит одновременно ретранслятором МИДИ-сигналов для следующего за ним. Такая система связи позволяет иметь два режима управления в системе, ре-

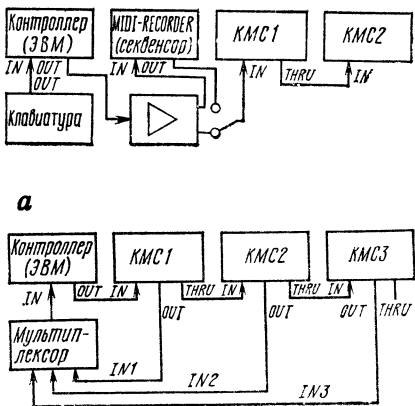


Рис. 2. Соединение КМС в сеть: а) вариант использования двух КМС в качестве ведомых устройств; б) вариант сети с двунаправленной передачей управляющей информации

лизуемых программной надстройкой — протоколом МИДИ. Протокол регламентирует обмен информацией в сети блоками данных различной длины — сообщениями. В сообщениях содержится код команды, адрес приемника (номер канала) и параметры, специфицирующие команду (рис. 2, 3). Соответственно каждый приемник, подключенный к МИДИ, отбирает из потока передаваемых сообщений толь-

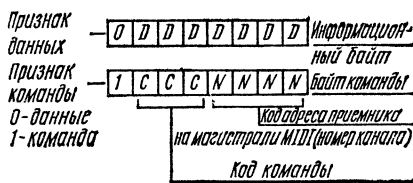


Рис. 3. Формат байтов команд и данных в стандарте МИДИ

ко относящиеся к нему по совпадению своего адреса с номером логического канала, содержащегося в первом байте сообщений. Адреса приемников могут устанавливаться либо аппаратно, либо программно после команды системного сброса программной инициализации системы МИДИ, т. е. таким образом осуществляется гибкая коммутация физических устройств на логические каналы МИДИ-системы.

Тип 1 — управление одновременно всеми инструментами. Осуществляется безадресными командами, называемыми системными сообщениями. Такими сообщениями могут быть команды старта, системный сброс, метки реального времени, необходимые для взаимной синхронизации музыкальных инструментов.

Тип 2 — передача команд и параметров к отдельным устройствам. Реализуется включением в код команды адреса приемника. Передача команд в МИДИ переключает приемник в режим ожидания, и следующие несколько байтов (число байтов зависит от типа команды) принимаются как тело сообщения. Остальные приемники игнорируют передаваемые байты вплоть до следующего баята команды. Переданная команда может также инициировать обратную передачу информации в контроллер, но поскольку это происходит лишь в одном из модулей, конфликтов при передаче по единой выходной линии не происходит.

Так как команды отличаются от данных установленным старшим байтом, а код номера канала занимает в байте команды четыре разряда (на один выход МИДИ возможно подключить до 16 устройств с независимым управлением), описанный протокол подразумевает лишь ограниченный набор типов команд. Однако для их передачи необходимо лишь 1...3 байта, что соответствует выда-

че в среднем 2000 команд/с. Эти команды управляют такими быстроизменяющимися параметрами, как громкость и частота.

Для того чтобы не ограничивать использование стандарта в будущем, предусмотрены также «исключительные системные сообщения», предвараемые безадресной командой — маркером сообщения. Тело такого сообщения может содержать произвольное число информационных байтов, в частности, указывающих идентификатор инструмента, к которому оно относится. Все остальные устройства при этом также игнорируют передаваемые данные. Исключительные сообщения являются аналогом «esc» последовательностей в текстовой обработке и существенно расширяют набор адресуемых устройств и выполняемых операций, правда, за счет снижения быстродействия управления. Это не является существенным недостатком, так как таким образом передаются чаще всего достаточно сложные, но редко исполняемые команды, соответствующие реконфигурации, программированию ритмического рисунка и т. п.

Привлекательность МИДИ состоит в том, что при исключительной простоте он является вполне работоспособным и исключительно гибким средством связи цифровых устройств в локальную сеть. Возникнув как интерфейс для музыкальных инструментов с четко установленным смыслом команд и конкретных моделей музыкальных синтезаторов, МИДИ может усиленно использоваться в управлении студийной аппаратурой (магнитофонами, микшерскими пультами, ревербераторами и т. п.), а также для создания промышленных локальных автоматизированных измерительно-управляющих комплексов среднего быстродействия.

Появились автономные цифровые программаторы МИДИ, позволяющие некавалифицированному пользователю — музыканту запомнить последовательность сообщений в магистрали при использовании в качестве контроллера привычных музыкальных клавиатур, а затем редактировать и повторять эту последовательность. Возможность автоформализации процесса создания и исполнения музыкальных произведений обеспечили и специальные программы и операционные системы для персональных компьютеров, работающие в привычных для музыкантов терминах нотной записи и пультов управления синтезаторами, и опирающиеся на возможность ввода-вывода по переназначаемым логическим каналам МИДИ.

Телефон для справок: 132-65-36, Москва

Статья поступила 16 сентября 1986 г.

РОЛЬ МУЗЫКАЛЬНОГО ЯЗЫКА В МУЗЫКАЛЬНОМ СИНТЕЗЕ

В практике создания компьютерных средств музыкального синтеза сложилась ситуация, при которой разработка устройств цифрового синтеза ведется в научных лабораториях на промышленной основе, а музыкально-языковые компьютерные средства создаются самими музыкантами — обладателями персональных музыкальных компьютеров. Исключения составляют некоторые разработки IRCAM и программы Я. Ксенакиса.

Поэтому средства цифрового синтеза часто оказываются неадекватными музыкально-языковым средствам композиторов и их творческим замыслам. Это несоответствие становится еще более заметным при попытке имитации звучания инструментов оркестра: отдельные ноты звучат похоже, а фрагменты мелодий «электронно». Для того чтобы звучание не было «сухим и бедным» параметры синтеза звука должны выделяться из живой музыкальной интонации в контексте звучащей музыкальной речи, конкретного музыкального языка. При этом важно решить: возможен ли вывод музыкальных акустико-языковых грамматик, универсальных для всех типов интонирования; как из перечня универсальных возможностей набирать и находить нужные; можно ли создать инструментарий для проведения самостоятельных широких акустико-языковых изысканий с помощью персональных музыкальных компьютеров и т. д.

В исследовании музыкального языка важное место занимают отработка технологии интерактивного анализа музыки и совершенствование основных программных блоков системы анализа языковых свойств живых музыкальных звучаний. Изучение языковых закономерностей музыкальной речи можно вести «со звучания» и по нотным текстам. Начинать надо с разработки процедур членения музыкальной речи на содержательные фрагменты, обладающие относительной целостностью, самостоятельностью. Это необходимо прежде всего для анализа музыкальной формы (строения музыкальных произведений).

Известны попытки формализации процедуры членения музыкальной речи на сегменты по нотным текстам [1, 2] и составления частотных словарей. Закономерности внутреннего состава сегментов изучаются в связи со структурой конкретного музыкального текста и его типологией, выявляются инвариантные формы строения мелодий [2], создаются так называемые генеративные грамматики [3].

Музыкальная речь даже в простой мелодии совмещает множество линий музыкального действия: слово (вербальное и музыкальное), дыхание, интонацию, артикуляцию. Все это вместе и каждому музыкальному акту в отдельности соответствует свой сложный ассоциативный ряд, связанный с жестом, восклицанием, образом, внутренним состоянием, настроением, движением. Поэтому членение музыкальной ткани должно производиться в соответствии с определенной линией семантической интерпретации. Членение не может быть одномерным (однозначным), так как совмещение разных линий музыкального действия даже в простой мелодии предполагает и сочетание нескольких логик в строении музыкальной ткани. Как правило, этот аспект не принимается во внимание или рассматривается недостаточно последовательно.

Несколько проще обстоит дело с членением музыкальной ткани в звучащей музыке, так как здесь мы имеем дело уже с «интерпретированным» объектом и можем ориентироваться на «членение» ткани самим исполнителем. Выделенные структуры музыкальной речи можно в дальнейшем использовать в качестве грамматик музы-

кального языка для распознавания и озвучивания нотных записей музыки и для решения задач музыкально-языковой акустической параметризации звука.

На примере фонограммы с записью северной русской былины с помощью программы TRS была установлена возможность автоматической сегментации тонем (фрагментов движения голоса, соответствующих одной ноте или ноте с форшлагом, глиссандо) по совокупности признаков:

принижения в точке нижнего перегиба траектории интенсивности звука уставки, равные 0,6 от максимального значения интенсивности на всем предыдущем временном участке тоны;

все точки временной последовательности частоты основного тона (траектории основного тона) образуют в гистограмме только одно скопление (зону). В случае образования второго скопления точек на расстоянии, соответствующем в центровой шкале по меньшей мере 60 центам, фиксируется начало новой тоны.

Программным путем были выявлены также контекстные закономерности интонирования напева внутри каждой тоны. При постепенном восхождении в мелодии происходило завышение траектории основного тона на 50 центов с последующим выходом на «ступень». При восходящих скачках такие завышения увеличиваются до тона. В начале фразы основной тон вообще пропадает — фрагмент атаки звука дает тембровую окраску всей тоне, а звуковысотную определенность дает лишь последующая за атакой ступенька. Остановка в мелодическом движении обычно сопровождается вибрато, при этом колебание частоты основного тона для верхних нот синфазно интенсивности, а для средних и нижних по высоте нот — противофазно. Последняя тона перед взятием дыхания обычно заканчивается нисходящим глиссандо. При скачке с репетицией (т. е. при повторе одной и той же ноты после скачка) одна из двух репетирующих тоном (первая или вторая) представляет собой бросок (обычно вверх), т. е.строе глиссандо объемом до кварты, воспринимаемое на слух при отдельном прослушивании как звук с неопределенной высотой звучания. Ощущение высоты звучания придает ему соседняя репетирующая тона. Из всего этого могут быть выведены простые контекстные правила строения тоны.

Кроме порядка следования тоном друг за другом определены другие, не менее важные зависимости: сам напев, его объем, темп исполнения, мелодический контур, акцентуация подчинены дыханию; акценты выстроены организовано, иерархически; от строфы к строфе мелодия варьируется в зависимости от слогового состава вербального текста, однако общая мелодическая канва напева и взаимное расположение основных акцентов в напеве не нарушается.

Последнее обстоятельство навело на мысль о возможности использования вариаций основного тона и интенсивности звучания от строфы к строфе для сегментации напева на содержательные фрагменты, например попевок.

Для распознавания тождества и подобия фрагментов и установления их временных границ был использован аппарат анализа Фурье. Траектории основного тона и интенсивности разлагались в ряд в пределах временного окна, соответствующего квазистационарности каждой гармонике, начиная с четвертой. Полученные при этом коэффициенты разложения использовались для вычисления сингулярной функции (мгновенного значения мощности гармонике). После этого окно сдвигалось на один шаг по времени (0,01 с) и процедура повторялась. Участки, на которых сингулярные функции группировались вокруг одного и того же набора значений, признавались подобными, и их временные границы считались границами содержательных сегментов. Из полученных сегментов формировался «словарь» единиц музыкального текста. Для вывода синтаксических и морфологических грамматик музыкального языка использо-

вался дистрибутивный анализ. Суть этого анализа заключается в выявлении парадигматико-синтагматических отношений между единицами музыкального текста. Единицы текста классифицируются в зависимости от контекстного положения и формы траекторий основного тона и интенсивности.

Для автоматизации дистрибутивного анализа и вывода грамматик была создана программа DIST. Дистрибутивный анализ является довольно мощным и достаточно универсальным средством изучения ряда языковых свойств музыки. Уже после первых опытов по автоматизации был выявлен ряд свойств, уже известных в фольклористике, например ранжир, слоговая музыкально-ритмическая форма, позиция. Дистрибутивный анализ эффективно выявляет закономерности в синтаксических связях и во внутреннем строении единиц музыкального текста. Заметим, что процедура акустической параметризации, по своей сути, также является дистрибутивной, поэтому программа DIST использовалась и для сквозной акустико-морфологической и синтаксической параметризации и вывода грамматик. Был выделен ряд новых акустико-морфологических параметров, связанных как с регистрово-динамической и акцентной логикой интонирования, так и с синтаксико-морфологической грамматикой данного музыкального языка. Таким образом, артикуляционное пространство оказалось включенным в общую схему языковых музыкальных отношений. На верхнем уровне схемы находятся музыкальные грамматики — синтаксическая грамматика музыкального текста и морфологическая контекстная грамматика единиц текста. Грамматики выстраивают в параллельно-последовательную цепочку параметры, управляющие певческим и речевым трактами. В базе знаний содержится артикуляционный слепок трактов — динамические характеристики певческих атак, регистровые динамические звуковысотные и громкостные связи, а также параметры речевого тракта: вокализованность (невокализованность), взрывные, шелевые и др. параметры. Разработана программа STAND, опрашивающая управляющую цепочку, активизирующая алгоритм принятия решений о коммутации элементарных схем синтеза (последовательная, параллельная, параллельно-последовательная, приоритетная коммутация).

УДК 681.8 : 681.3

А. Б. Родионов

ПЕРСОНАЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР В МУЗЫКАЛЬНОМ ТВОРЧЕСТВЕ

В последнее время компьютеры стали широко использоваться не только в науке и производстве, но и в других, ранее нетрадиционных для вычислительной техники сферах. Примерами могут служить кино- и телевизионные фильмы с использованием компьютерной графики, которую зачастую невозможно отличить от обычной рисованной мультипликации, управление световыми эффектами в театре и на эстраде, подготовка всевозможных текстов и рукописей и, наконец, использование компьютерной техники в музыке. В данной статье предпринята попытка систематизации объектов музыкального творчества, которые могут быть автоматизированы средствами компьютерной техники, а также приведено

описание и критический разбор одной из современных и широко распространенных музыкальных компьютерных систем, реализованной на персональном компьютере YAMAHA MSX.

Объекты автоматизации труда композитора

В труде композитора есть процессы, требующие автоматизации с достаточной очевидностью. К ним относятся, например, рутинные операции по изображению музыкального материала на бумаге в виде нот, редактирование партитур, выписка партий из партитур для отдельных инструментов и т. п. Необходимо автоматизировать также процессы, порожденные совершенствованием электронных музыкальных инструментов,

К элементарным схемам синтеза относятся: схема, использующая метод аппроксимации спектра и его изменения во времени с кодированием частоты основного тона в параметров формант;

схема, основанная на методе корреляционного разделения траекторий формант на содержательные группы (сифазные, противофазные и др.);

схема кодирования динамических звуковых процессов с взаимной детонацией (прерыванием) формант (несколько контрастных по форме огибающих с определенной вероятностью следуют друг за другом);

схема кодирования шумов по форме огибающей спектра и по основному тону.

Синтезированный по полученной грамматике вариант напева былины звучал осмысленнее, выразительнее и богаче, чем мелодии, синтезированные на первом этапе исследования лишь по четырем управляющим параметрам. Полученная база знаний позволяет гибко выбирать схему синтеза звука в зависимости от контекста, т. е. адекватно управлять звуком.

Таким образом, проблему синтеза выразительных музыкальных звучаний можно решить только в контексте изучения конкретного музыкального языка. Предложенные общие и универсальные средства анализа музыкального языка и музыкально-языковой акустической параметризации достаточно эффективно могут использоваться музыкантами для решения конкретных творческих задач.

Телефон для справок: 135-23-70, Москва.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борода М. Г. О мелодической элементарной единице. Материалы Первого всесоюзного семинара по машинным аспектам алгоритмического формализованного анализа музыкальных текстов (МАОФАТ).— Ереван: АН Арм. ССР, 1977.
2. Зарипов Р. Х. Кибернетика и музыка.— М.: Наука, 1971.
3. Musical Grammars and Computer Analysis. M. Barton and Callegari, eds. Florence: Leo S. Olshki Editore. 1984.

Статья поступила 16 сентября 1986 г.

возможности которых значительно расширились в связи с внедрением цифровой техники. К ним относятся компьютерное управление синтезом звука, одновременное управление группами синтезаторов, ввод и редактирование музыкального материала в реальном масштабе времени и, наконец, использование баз данных для хранения отдельных фрагментов партитур и партий.

Электронное редактирование нотного материала

Кто любит по ночам выписывать клавиры, партитуры или дирекционные, в то время, когда близится день сдачи очередного спектакля, фильма или другого события в этом же роде?

С особенной остротой встает этот вопрос в тех случаях, когда у композитора имеются готовые, записанные при помощи синтезаторов и многоканального магнитофона фонограммы музыкальных произведений. Скорее всего, эта музыка никогда и никем исполняться не будет и остается жить только в виде этих фонограмм, так как зачастую ее повто-

ное исполнение практически невозможно из-за того, что набор электронных синтезаторов и устройств обработки сигналов, которыми автор пользовался во время записи, невозможно повторно собрать в каком-либо реальном концертном коллективе, не говоря уже о сложности нотации тембровых сочетаний и звуковых кластеров, для которых не существует пока стандартной системы записи!

Ситуация меняется в лучшую сторону только в том случае, когда композитор использует в своей работе персональный компьютер, подключенный ко всем синтезаторам и автоматически регистрирующий все, что на них наигрывается. Компьютер позволяет корректировать ошибки исполнения, пробовать «на слух» различные варианты аранжировки и, в качестве «заключительного аккорда», печатая партитуру музыкального произведения, полностью адекватную звучащей музыке, в любом количестве экземпляров.

Более того, в памяти компьютера остается полная информация о музыкальном произведении, которая может быть вновь использована и модифицирована (например, новый инструментальный вариант уже исполненной песни, или увертюра, в которой могут звучать фрагменты других произведений в той же или измененной аранжировке, и т. п.). При этом одним из наиболее важных средств работы композитора становятся средства электронного редактирования партитуры. Последнее обычно сводится к просмотру партитуры на экране и внесению в нее изменений вводом команд и данных с различных устройств ввода, включая алфавитно-цифровую клавиатуру компьютера и музыкальную клавиатуру синтезатора.

Компьютерное управление синтезом звука

Когда синтезатор встроен в компьютер или является его внешним дополнительным устройством, как это сделано, например, в персональных компьютерах фирмы YAMAHA, то можно управлять не только записью и исполнением звуковосотных и временных последовательностей нот, но и адекватно описывать изменения тембра звуков, так как параметры синтезируемых тембров находятся в оперативной памяти того же компьютера во время создания и исполнения музыкального произведения. Это приводит к тому, что в памяти компьютера становится возможным хранить абсолютно адекватное представление музыкального произведения, а текст партитуры вместе с таблицами, отображающими состояние тембровых банков синтезатора, является исчерпывающим для точного воспроизведения записанного таким образом музыкального произведения в будущем.

К другим преимуществам компьютерного управления синтезом звука относится и более наглядное, по сравнению с обычными синтезаторами, представление информации об алгоритме и параметрах синтеза: на экране можно видеть все параметры синтезируемого звука в графическом и числовом представлениях одновременно.

Управление внешними синтезаторами через MIDI.

Управление внешними синтезаторами через MIDI является одним из важнейших достоинств персонального компьютера: композитор получает возможность выписывать партии не только для синтезатора, непосредственно управляемого персональным компьютером, но и управлять другими внешними синтезаторами, подключенными к компьютеру через MIDI, создавая всевозможные оркестровые глубоко нюансированные звучания. Особо следует отметить широчайшие возможности, появляющиеся при соединении через MIDI нескольких компьютеров, управляющих друг другом в различных режимах работы. Существенно, что MIDI-устройством может служить не только синтезатор, но любой прибор, снабженный MIDI-интерфейсом, например программируемый сигнал-процессор.

Ввод и редактирование партитур в реальном масштабе времени

К другим аспектам труда композитора, поддающимся автоматизации при помощи компьютеров, можно причислить ввод и коррекцию партитур не только в режиме экранного редактирования, но и в реальном масштабе времени (совмещение функций экранного редактора, секвенсора и многоканального магнитофона). При этом главной из них является функция секвенсора, с помощью которой производится основной ввод музыкального материала в реальном масштабе времени. После этого выполняется электронное редактирование введенного материала на экране компьютера и компьютерное сведение музыкального материала в стереофоническую фонограмму. Характерной особенностью этого процесса является то, что композитор становится «единоличным» создателем музыкального произведения в законченном виде, так как в данном случае ему приходится выступать не только в роли композитора, но и аранжировщика, дирижера, исполнителя и, наконец, звукорежиссера. При этом перечисленные выше этапы становятся неразрывным целым и предполагают возможность естественного и органичного возврата к любому шагу работы с целью устранения любых ошибок и неточностей в реализации замысла автора и даже изменения самого замысла в процессе создания музыкального произведения. Вообще говоря, такая работа может быть

обеспечена и без использования режима ввода и редактирования партитур в реальном масштабе времени, но максимальную эффективность и наивысшую производительность труда безусловно гарантирует именно этот режим.

Использование заранее подготовленных фрагментов (patterns)

Создание баз данных, содержащих различные фрагменты и заготовки музыкальных произведений, является отображением естественного стремления человека к структуризации своей деятельности. Создание и поддержание музыкальных баз данных — еще один аспект автоматизации труда композитора.

Существенно, что с появлением и распространением в нашей стране музыкальных персональных компьютеров MSX появляется новая форма исполнения на эстраде музыкальных произведений композиторов, работающих с такими компьютерами: дирижеры оркестров, в которых используется компьютер MSX в качестве синтезатора или секвенсора для отдельных партий, берут у композиторов не партитуры, а информацию об этих партитурах на магнитных носителях, «поручая» компьютеру исполнение основных партий ритм-секции (после предварительного экранного редактирования партитуры), а музыкантам оркестра — исполнение солирующих и импровизационных партий.

К другим музыкальным возможностям компьютера относятся средства автоматической гармонизации мелодий, автоматической аранжировки и автоматического сочинения музыки, которые могут быть полезны при исследованиях в области теории музыки.

Аппаратное и программное обеспечение музыкальной системы

Встроенный FM синтезатор SFG. Построен по частотно-модуляционному принципу и состоит из восьми независимых каналов, каждый из которых может управляться независимо от других по тембру звучания. Это означает, что каждый из восьми голосов синтезатора может вести предписанную ему партию своим собственным тембром, с возможностью его динамической замены и модификации во время исполнения. Информация о параметрах синтеза для каждого голоса хранится в оперативной памяти компьютера (одновременно с цифровым эквивалентом партитуры) и может динамически загружаться в регистры синтезатора в любом месте партитуры простым указанием номера требуемого тембра (речь идет о работе программ Music Comprouser и FM Auto Arranger). Интересно отметить, что процесс смены тембра отнимает определенное время, незаметное на слух при «мелких», отдельных изменениях тембров в партитуре, но достаточно заметное

при «глобальных» изменениях в тембрах большого количества голосов одновременно: синтезатор начинает «спотыкаться», так как процессор не успевает перезагружать все данные одновременно. Чтобы этого не произошло, необходимо разнести по времени команды изменения тембров синтезатора, разбивая музыкальный такт (или его части) на паузы малой длительности, и расставить команды смены тембров в каналах между ними в отличающихся друг от друга местах. Такая работа значительно облегчается при тщательном предварительном планировании партитуры.

Определенные неудобства доставляет наличие одного, общего для всех голосов, генератора инфранизких частот для частотной и амплитудной модуляции (LFO), изменение параметров которого при смене тембра в одном из каналов синтезатора может привести к некоторому изменению тембра звучания других каналов (в зависимости от того, используется в них при синтезе LFO или нет). Этот недостаток можно компенсировать посредством тщательного планирования синтеза тембров и продуманного выбора различных схем синтеза (в случае использования FM при различных алгоритмах синтеза могут быть получены очень близкие по звучанию результаты).

В блоке синтезатора вместе с аппаратурой FM синтеза размещается и ПЗУ, в котором находится Music BIOS—программный интерфейс между аппаратурой синтезатора и программами, использующими эту аппаратуру. К сожалению, он полностью закрыт для пользователя из-за отсутствия документации.

Над Music BIOS находится программная надстройка, осуществляющая интерфейс между человеком и Music BIOS и дающая возможность музыканту использовать компьютер с SFG просто как синтезатор с секвенсором и раздельно адресуемыми по MIDI голосами. При помощи музыкальной клавиатуры, подключаемой к SFG, музыкант может «играть на компьютере», как на обыкновенном синтезаторе, выбирая требуемые тембры и режимы его работы подводом курсора на экране к соответствующим позициям графического меню.

Пользуясь входом MIDI, SFG можно применять в качестве подчиненного синтезатора с раздельным управлением голосами, распределение которых по каналам MIDI может задаваться с экрана компьютера. Более того, в то время, когда часть голосов управляется через MIDI, остальные (или те же) голоса могут быть использованы для ручного исполнения. Сеть компьютеров, связанных MIDI и оснащенных встроенными синтезаторами, предоставляет композитору широкие возможности темб-

рообразования и голосоведения при использовании в партитуре указаний об исполнении партий по различным адресам MIDI.

Системное программное обеспечение. Как уже упоминалось, «музыкальное» программное обеспечение опирается на Music BIOS, находящийся непосредственно в SFG (хороший пример автоматического программного расширения системы при расширении ее аппаратных возможностей). Кроме функций интерфейса с синтезатором, Music BIOS реализует функции обращения к дискам вместе с функциями консольного интерфейса, т. е. практически весь ввод-вывод, замещая во время работы обычный MSX BIOS.

Электронный редактор партитур (Music Composer) является мощным средством описания и редактирования нотного материала в графическом режиме работы, используемом в качестве базового представления информации привычную каждому музыканту нотную запись с использованием пятилинейного нотосца с «вкраплениями» как обычных указаний об исполнении партий типа forte, piano, ... , так и специальных команд синтезатора о выборе тембра, изменении некоторых его параметров в процессе исполнения, стереопанораме и т. п. Введенные партитуры могут быть исполнены под управлением этой программы, записаны на диск (ленту) или выведены на принтер. При наличии достаточного объема оперативной памяти Music Composer может организовать несколько «банков» партитур с возможностью обмена информацией (копирования) между ними, что создает определенные удобства при компоновке музыкального произведения из отдельных фрагментов, ранее записанных на внешних носителях.

Язык описания партитуры является достаточно полным и вместе с обычной нотной записью может служить основой для разработки стандартной формы описания такого рода информации. Команды и данные могут вводиться с алфавитно-цифровой клавиатуры компьютера, музыкальной клавиатуры синтезатора или манипулятором «мышь».

К недостаткам этой программы можно отнести отсутствие возможностей: 1) ввода музыкального материала в реальном масштабе времени, т. е. работы в режиме секвенсора с отображением введенной информации в нотном виде; 2) запоминания полного состояния синтезатора для многократного проигрывания фрагмента партитуры с середины; 3) несовместимость формата данных с программой MIDI Recorder и некоторые другие.

Управление встроенным синтезатором и синтез новых тембров осуществляются при помощи еще одного программного средства — Voicing

Program. Эта программа отображает на экране в графическом виде всю информацию о состоянии синтезатора (алгоритм синтеза, его параметры и LFO) и позволяет модифицировать их в соответствии с желанием музыканта. Новые тембры, синтезированные в процессе работы, могут быть записаны на диск (ленту) с тем, чтобы быть позднее использованными другими программами, в частности Music Composer.

Запись и редактирование сигналов MIDI (MIDI Recorder). Очень удобным в работе может оказаться программное средство под названием MIDI Recorder. Это секвенсор, позволяющий записывать сигналы MIDI, приходящие в компьютер, воспроизводить их, редактировать по месту и времени звучания, повторять циклически определенные фрагменты записи с тем, чтобы дать возможность музыканту записать различные варианты исполнения отдельных партий в реальном масштабе времени. Функции «мышь» дублируются на алфавитно-цифровой клавиатуре компьютера. К недостаткам относится невозможность использования SFG компьютера и необходимость в большом числе внешних синтезаторов, подключенных к компьютеру, которыми управляет MIDI Recorder. Отсутствие совместимости по данным с Music Composer для печати и коррекции партитур в нотном виде также создает дополнительные неудобства.

Музыкальные расширения MSX Бейсика (Music Macro). Music Macro расширяет MSX Basic в сторону доступа к аппаратным возможностям SFG. Практическая ценность данного программного обеспечения весьма сомнительна, так как оно не позволяет писать какие-либо действительно полезные программы из-за ограниченного набора музыкальных функций и невозможности в рамках Бейсика решать задачи, требующие высокого быстродействия и критичные к времени обработки данных. Одним из наиболее курьезных операторов данного программного расширения Бейсика является оператор «SAY», позволяющий записывать в качестве операнда текстовую переменную, содержание которой женским голосом пытается произнести синтезатор. К большому сожалению, набор синтезируемых фонов, хранящихся в ПЗУ, ограничен фонемами японского языка, которых не так уж много и которые оканчиваются всегда на гласный звук.

Автоматизация аранжировки (FM Auto Arranger). Одним из новых музыкальных программных продуктов, предлагаемых фирмой YAMAHA, является FM Auto Arranger, в котором предпринята попытка автоматизации процесса создания музыкальных произведений с использованием таких средств, как автоматическая гармониз-

зация мелодии по басу, выписывание типичных басовых и ритмических фигураций в виде заготовок (patterns) с целью их дальнейшего использования с автоматической транспозицией как в целом, так и по отдельным нотам, в зависимости от гармонической фактуры музыкального произведения. В программе имеется возможность ввода в реальном масштабе времени двух одноголосных мелодических линий с последующим их отображением на нотном стане и электронным редактированием. Формат данных, хранимых на ленте (диске), совместим с форматом Music Composer, что позволяет загружать партитуры, созданные с использованием FM Auto Arranger, в Music Composer для дальнейшего редактирования. Предусмотрена возможность работы с новым устройством ввода музыкальной информации (Music Pad), являющимся специализированной панелью с нанесенными на ней командами, которые вводятся при нажатии на соответствующую надпись. Но несмотря на такое обилие, на первый взгляд, достаточно интересных возможностей, практическая работа с FM Auto Arranger не является особенно привлекательной из-за сложности и излишней многоуровневости командного языка, а также определенной ограниченности возможностей редактирования по сравнению с Music Composer. Даже при работе с двумя компьютерами одновременно, один из которых работает с FM Auto Arranger, а другой с Music Composer, не создается достаточно комфортной для композитора среды из-за отнимающих время операций по запоминанию и чтению файлов на дисках при обмене информацией между компьютерами.

Программное обеспечение внешних синтезаторов (RX Editor, DX7, DX9, DX21, DX100, DX-7, FB-01 Voicing programs). С помощью компьютера YAMAHA MSX можно программировать не только встроенный синтезатор SFG, но и другие музыкальные инструменты той же фирмы. Таким образом, проблема «неудобства настройки синтезатора одним регулятором» решается и для других синтезаторов, позволяя найти оптимальное решение между ценой отдельных инструментов и удобством их программирования при синтезе звуков с помощью персонального компьюте-

ра. Обмен данными тембровых банков между компьютером и музыкальными инструментами осуществляется различными программами, разработанными специально для каждого инструмента согласно протоколам обмена данными конкретного инструмента через MIDI. При этом для более поздних по времени выпуска программ предусмотрена возможность сохранения данных тембровых банков не только в памяти программируемого синтезатора или на магнитной ленте, но и на дисках, подключенных к компьютеру.

Достоинства и недостатки музыкальной системы YAMAHA MSX

К достоинствам музыкальной системы YAMAHA MSX следует отнести в первую очередь ее относительную дешевизну по сравнению с другими музыкальными компьютерами. При этом композитор получает полноценный универсальный персональный компьютер, на котором работает профессиональная музыкальная система с широким спектром возможностей и большим выбором музыкального программного обеспечения. Безусловной удачей является аппаратное решение встроенного синтезатора SFG, который обладает возможностью независимого управления каждым из восьми его голосов, что пока не часто можно встретить среди обычных синтезаторов. Удачным является и выбор семантического наполнения языка для электронного редактора партитур, так как с его помощью можно описать практически любые нюансы аранжировки и исполнения и, тем самым, достичь чрезвычайно высокой степени соответствия звучания музыкального произведения авторскому замыслу. Высокой степенью эргономичности обладает человеко-машинный интерфейс программы MIDI Recorder, являясь, пожалуй, одним из самых «человечных» в системе. Весьма ценными являются программы, обеспечивающие экранное редактирование тембровых банков других синтезаторов фирмы и увеличивающие производительность труда музыканта при создании новых тембров.

К недостаткам системы следует отнести, в первую очередь, отсутствие доступной пользователю документации на аппаратные средства синтезатора SFG, что мешает максимально приспособить ее под свои нужды и

усовершенствовать отдельные программы. Недостатки отдельных программ музыкального программного обеспечения уже перечислялись выше, однако надо заметить, что эти недостатки вызваны некоторой общей причиной, суть которой сводится к тому, что разработка программного обеспечения музыкальных приложений MSX велась без учета реального процесса работы композитора при сочинении музыкального произведения. Как уже было указано, при создании соответствующего программного обеспечения авторы программ, видимо, исходили из собственного, достаточно абстрактного представления о работе композитора и средствах, которые ему необходимы в первую очередь. Работа над музыкальным произведением состоит из «вынашивания» общего замысла и отдельных музыкальных тем. Темы проверяются по звучанию как в воображении композитора, так и на инструменте (нет возможности наигрывания в реальном масштабе времени этих тем с возможностью сохранения удачных вариантов в базе данных); затем черновые фрагменты объединяются в одно целое с возможными вариантами связей между ними (частично в этом может помочь Music Composer, но ценой крайне неэффективной траты времени). Следующий этап — частичная или полная аранжировка материала (с помощью Music Composer или FM Auto Arranger).

В работе композитора большое значение имеет поиск новых звучаний и тембров непосредственно во время аранжировки, но для того, чтобы заняться синтезом, необходимо сбросить программное обеспечение Music Composer и загрузить Voicing Program, что исключает прослушивание создаваемого тембра в контексте с уже записанной звуковой палитрой. Список таких несоответствий, которые изнуряюще действуют даже на терпеливого композитора, можно продолжить. Тем не менее музыкальные системы типа YAMAHA MSX являются существенным подспорьем композиторам, помогают им на различных этапах творческого процесса.

Телефон для справок: 123-51-69, Москва, Родионов Андрей Борисович. Статья поступила 18 сентября 1986 г.

ВСЕСОЮЗНАЯ ШКОЛА-ФЕСТИВАЛЬ «СВЕТ И МУЗЫКА»

В сентябре 1987 года в Молодежном центре г. Казани состоится 10-дневная школа-фестиваль «Свет и музыка», организуемая ЦК ВЛКСМ и ЦП НТОРЭС им. А. С. Попова при участии студенческого конструкторского бюро «Прометей» КАИ и творческих союзов ТАССР. Школа включает творческие доклады, а фестиваль — демонстрацию художественных работ.

В программе фестиваля:

концерты светомузыки, «пространственной музыки»; слайдомузыкальные представления;

светомузыкальные фильмы и видеофильмы по тематике «Искусство и НТР»; компьютерная и электронная музыка; концерты с использованием новых аудиовизуальных средств; проекты световой архитектуры (в планшетах и макетах); выставка светомузыкальных устройств бытового и прикладного назначения.

Переписку вести по адресу: 420084, Казань, ул. К. Маркса, 10, КАИ, СКБ «Прометей». Председатель оргкомитета Булат Махмудович Галеев, секретарь Римма Васильевна Лерман. Тел. 32-55-53, 39-71-55.

УДК 681.326—181.4

А. М. Каневский, Б. Я. Розман

ДВУХПЛАТНЫЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕР НА БАЗЕ МПК БИС КР580 ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИМЕНЕНИЙ

Во ВНИИмедприборостроения разработан набор микропроцессорных модулей, совместимых с шиной И41, предназначенный для построения микрокомпьютерного поколения медицинских приборов и систем. Основа 8-разрядного варианта этого набора — двухплатный микроконтроллер на МП КР580ИК80А.

Наличие полного интерфейса И41 позволяет дополнять его необходимыми модулями (в том числе и в многопроцессорных вариантах) для создания конфигураций, используемых в медицинских приборах. Таким образом, одновременно описываемый микроконтроллер может использоваться как в автономных, так и во встраиваемых вариантах. Основные технические данные следующие:

Процессор	КР580ИК80А
Тактовая частота, МГц	2
Внутреннее ОЗУ, К байт	64 с возможностью расширения модулями до 0,5М байта;
ПЗУ	5 розеток (до 40К байт);
Внутренние УВВ	6 программируемых БИС интерфейсов: КР580ВВ51, КР580ВИ53, КР580ИК55 (2 шт.), КР580ВН59, КР580ВГ79;
Число внешних УВВ	до 128.

Микроконтроллер имеет возможность отображать символическую и графическую информацию на экране видеоконтрольного устройства (ВКУ) в формате 256×256 точек; работать с шиной И41 в пространстве адресов 1М байт и в многопроцессорных системах.

Архитектура микроконтроллера ориентирована на использование операционной системы, совместимой с СР/М, с возможностью организации «псевдодиска» на модулях ОЗУ/ПЗУ. Поэтому принята страничная организация памяти с программным переключением страниц (рис. 1). По принятой системе могут переключаться страницы памяти по 32К байт, расположенные в нижней половине 64-килобайтной области (адресного пространства оперативного запоминающего устройства ОЗУ). Верхняя половина этой области — это общая страница памяти для всех переключаемых страниц и никогда не

переключается. В старших адресах этой области располагается ПЗУ (до 8К байт), которое может содержать управляющую программу типа монитора или ОС, видеоЗУ, а также общая область ОЗУ (используется как буферная при переписи информации из одной страницы в другую). Под видеоЗУ отведены верхние 8К байт оперативной памяти, представляющие собой «память экрана» ВКУ (содержат информацию о каждой из 8192 точек, отображаемых на экране в формате 256×256). Как показывает опыт программирования, время полного обновления информации на экране менее 0,5 с. Для экономии объема памяти видеоЗУ и «верхнее» ПЗУ размещены в одной и той же адресной области, обращения к ним разделяются по принципу записи-считывания, так как из ПЗУ можно только считывать информацию, а в видеоЗУ необходима только запись.

Переключаемые страницы памяти следующие: внутренние страницы ПЗУ и ОЗУ, и возможность обращения к 16 внешним страницам. При включении питания или сбросе аппаратно подключается страница ПЗУ. Процессор начинает работу с нулевой ячейки памяти этой страницы. Отсюда управление передается системой программы, расположенной в верхнем ПЗУ, управляющей дальнейшей работой микроконтроллера. Системная программа может в дальнейшем подключить внутреннюю страницу ОЗУ или любую из внешних страниц памяти. Применяя ОС, совместимую с СР/М, страницу ОЗУ можно использовать для хранения собственной служебной информации, для размещения исполняемых программ, а внешние страницы — как память данных, организованную по принципу «псевдодиска».

Рассматриваемый в статье микроконтроллер (рис. 2) создан на основе двух плат размером 233×220 мм (двойная плата евростандарта): платы микроконтроллера (МК) и интерфейсной платы (ИМК). Основная — плата МК, а плата ИМК в основном содержит схемы интерфейсов к периферийным устройствам.

На плате МК расположен центральный процессорный узел (КР580ИК80А), БИС генератора (КР580ГФ24) и шинного контроллера (КР580ВК38), определяющие стандартную архитектуру с тремя внутренними шинами (адресов, данных и шиной управления), по которым процессор обменивается информацией с остальными устройствами (ОЗУ, ПЗУ, портами ввода-вывода). Возможности микроконтроллера расширяются подключением к шине И41 через разъем типа СНП59-96 (с помощью БИС контроллера шины КР580ВГ18). Эта микросхема использует линии И41 ВСКЛ, BUSY/, BREQ/, BPRO/, BPRN/; формирует управляющие сигналы MRDC/, MWTC/, IORC/, IOWC/; управляет работой буферов адреса и данных, а также дает разрешение приема сигнала готовности от внешних устройств ХАСК/. Предусмотрен также режим удержания шины — OVERRIDE. Таким образом, полностью соблюдается протокол работы по шине И41 в многопользовательском режиме. Области памяти на шине И41 (рис. 1) с адресами (32К ... 64К)×N, где N=0, 1, 2 ... 15 — недоступны, так как при обращении к этим адресам будет произведена выборка непереключаемой области памяти, а выход на шину И41 будет заблокирован. Недоступна также для процессора область адресов внешних УВВ от 128 до 255.

ОЗУ (64К байт) реализовано на 8 БИС динамической памяти К565РУ5 (могут использоваться микросхемы вплоть до индекса «Д»). Каждые 1,33 мкс в ОЗУ поступает запрос от внутреннего таймера на считывание байта информации для регенерации изображения на экране ВКУ. Тем самым динамическая память регенерируется. Для управления работой ОЗУ в различных режимах предназначена специальная схема арбитра ОЗУ. Обращения процессора к памяти обслуживаются в пау-

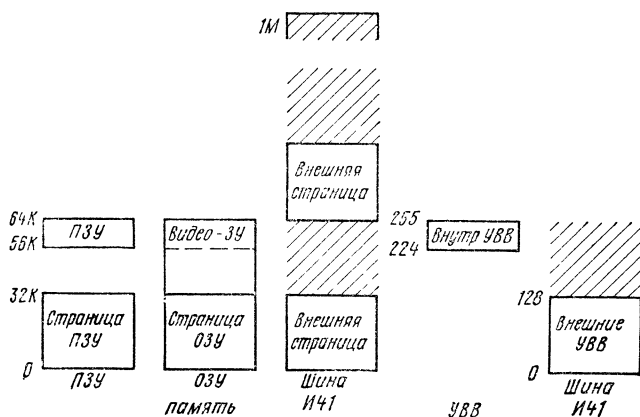


Рис. 1. Карта распределения памяти

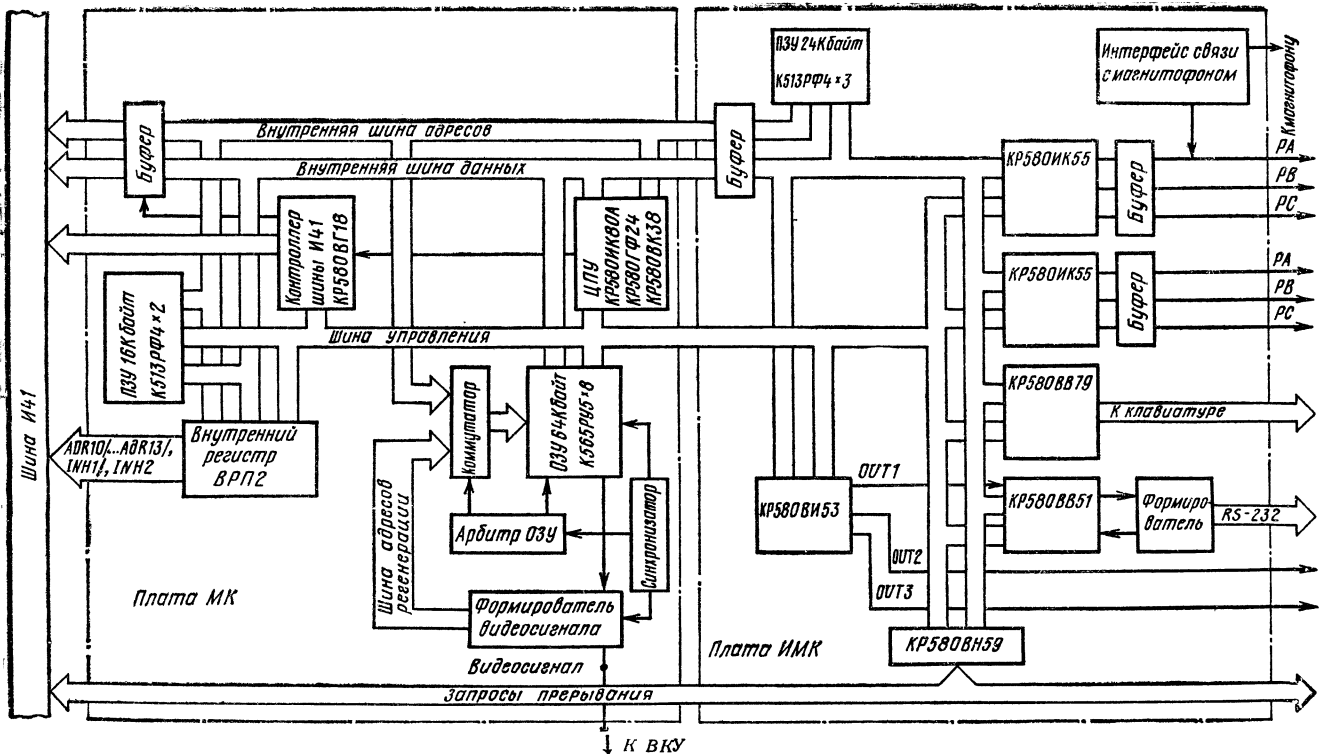


Рис. 2. Структурная схема микроконтроллера

зах между запросами регенерации. Если обращение процессора произошло в момент регенерации, процессор переходит в состояние ожидания до тех пор, пока запрос не может быть выполнен.

Информация, выводимая на экран ВКУ, поступает из ОЗУ на схему формирования видеосигнала. Схема формирует адреса для регенерации изображения на экране ВКУ (они поступают в ОЗУ по шине адресов регенерации) и видеосигнал для вывода на ВКУ. Видеосигнал формируется в виде синхросмеси с уровнями и временными параметрами, соответствующими телевизионному видеосигналу по ГОСТ 7845—79 (за исключением того, что используется построчная, а не чересстрочная развертка). Видеосигнал формируется микросхемами низкой и средней степени интеграции серий К155, К555 и схемой эмиттерного повторителя с выходным сопротивлением 75 Ом.

Страница ПЗУ состоит из 4 микросхем типа К573РФ4 (8К байт). Еще одна такая же микросхема используется как «верхнее» ПЗУ в непереключаемой области. Все микросхемы ПЗУ устанавливаются на розетки РС-28 и при необходимости могут заменяться. Любую микросхему К573РФ4 можно заменить на микросхему К573РФ2 (2К байт) установкой соответствующих перемычек (следовательно, выборка этой микросхемы будет повторяться 4 раза в области 8К байт).

Страницы памяти переключаются программно обращением к двум внутренним регистрам-портам (ВРП1 и ВРП2). Трём разрядам Q1, Q2 и Q3 регистра ВРП1 приданы следующие значения:

- Q1=0 — подключена внутренняя страница памяти (ОЗУ или ПЗУ),
- Q1=1 — подключена внешняя страница памяти,
- Q2=0 — подключена внутренняя страница ПЗУ,
- Q2=1 — подключена внутренняя страница ОЗУ,
- Q3=0 — режим удержания снят,
- Q3=1 — режим удержания установлен.

Состояние разряда Q2 имеет значение только при Q1=0.

При обращении к внешней странице памяти или внешнему УВВ инициализируется контроллер шины (КР580ВГ18). Он определяет состояние шины И41 и, если шина свободна, захватывает шину и обращается к требуемому устройству. Регистр ВРП2 программно переключает внешние страницы памяти, формируя старшие адресные разряды ADR10/, ADR11/, ADR12/, ADR13/, а также сигналы запрета ПЗУ (INH1/) и запрета ОЗУ (INH2/). Значения этих сигналов можно устанавливать при подключенной (и при отключенной) шине И41, однако передаваться на шину они будут только при ее захвате.

При обращении к внешней странице памяти или УВВ в случае его неисправности или отсутствия (плата вынута из разъема) сигнал ответа ХАСК/ не будет получен, процессор перейдет в состояние ожидания и будет находиться в нем неопределенно долго. Предотвращает такое «зависание» схема «тайм-аута». Она представляет собой счетчик импульсов, периодически сбрасываемый сигналом STSTB/ от ЦПУ. При переходе ЦПУ в состояние ожидания сигнал STSTB/ перестает вырабатываться. Если такое состояние продлится дольше 350 мс, схема тайм-аута выдаст сигнал запроса на прерывание.

Для выборки внутренних (не расположенных на шине И41) УВВ отведена область адресации от 224 до 255 или в шестнадцатеричной системе счисления от E0H до FFH. Предусмотрена выборка восьми УВВ, два из которых — регистры ВРП1 и ВРП2, а шесть остальных — программируемые порты на интерфейсной плате ИМК. Эта плата имеет один разъем для связи с платой МК и два периферийных разъема для связи с внешними объектами (см. таблицу).

По последовательному интерфейсу сигналы передаются в уровнях стандарта RS-232 (—12 В, +12 В). Формирователи уровней (на микросхемах К170АП2, К170УП2) согласуют стандартные уровни «Лог. 0» и «Лог. 1» с уровнями RS-232. Выходы TxRDY, TxE, RxRDY, микросхемы КР580ВВ51А можно использовать в

Таблица

Адресация и назначение внешних УВВ

Область адресации	Тип микросхемы	Назначение	Плата
E0H—E3H	KP580BV51A	Последовательный интерфейс	ИМК
E4H—E7H	KP580BI53	Программируемый таймер	ИМК
E8H—EВH	KP580BV59	Контроллер прерываний	ИМК
ЕСН—ЕFN	KP580IK55	Параллельный интерфейс	ИМК
F0H—F3H	KP580IK55	Параллельный интерфейс	ИМК
F4H—F7H	KP580BV79	Контроллер клавиатуры и индикации	ИМК
F8H—FBH		ВРП2	МК
FSH—FFH		ВРП1	МК

качестве сигналов запросов прерываний коммутацией на периферийном разьеме со входами запросов прерываний контроллера прерываний.

БИС последовательного интерфейса синхронизируется сигналом OUT1 от таймера KP580BI53. При начальной инициализации микроконтроллера БИС таймера и последовательного интерфейса должны быть запрограммированы. Например, чтобы установить работу по последовательному интерфейсу (4800 Бод), возможна следующая программа инициализации (на вход таймера CLK1 подана частота 2 МГц):

; ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТАЙМЕРА

MVI A, 16H

OUT E7H: ЗАСЫЛКА УПРАВЛЯЮЩЕГО СЛОВА

MVI A, 26

OUT E4H: ЗАГРУЗКА СЧЕТЧИКА

; ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ИНТЕРФЕЙСА

MVI A, 6AH

OUT E1H: ЗАСЫЛКА ИНСТРУКЦИИ РЕЖИМА

MVI A, 27H

OUT E1H: ЗАСЫЛКА КОМАНДНОЙ ИНСТРУКЦИИ

Выходы таймера OUT2, OUT3 предоставляются пользователю.

Контроллер прерываний имеет 8 входов запроса прерывания IR0-IR1. Один из них (IR7) предназначен для прерывания от схемы тайм-аута. Остальные 7 входов предоставляются пользователю, причем можно использовать как системные прерывания (с шины I41), так и прерывания от внешних устройств (с периферийного разъема).

Две микросхемы параллельного интерфейса KP580IK55 можно использовать в режимах 0 (простой ввод-вывод), 1 (стробируемый ввод-вывод) и 2 (двухнаправленная шина). Порты A этих микросхем снабжены буфером KP580BA87, а выходы портов B и C при работе на вывод — элементами K155ЛИ1. При работе портов B и C на ввод вместо микросхем K155ЛИ1 впаиваются пассивные перемычки. Контакты порта C PC0, PC3 в режимах 1, 2 используются для организации прерывания коммутацией их со входами запросов прерывания контроллера прерываний.

Информация записывается на магнитофон через один контакт параллельного интерфейса. При считывании с магнитофона для увеличения крутизны фронтов сигнал подается на компаратор K554CA3, и далее вводится через другой контакт параллельного интерфейса.

Для описанного микроконтроллера разработано и отлажено системное ПО:

— монитор (3К байт) с возможностью графического построения прямых по координатам, окон по координатам, отображения символьной информации в форматах

32×16 или 40 знаков × 20 строк, с драйверами клавиатуры, магнитофона, принтера и последовательного интерфейса;

— резидентная ОС (5,5К байт), совместимая с CP/M-80, поддерживающая ОЗУ/ПЗУ «псевдодиски»;

— отладчики программ;

— утилит файлового обмена;

— ПЗУ-вариант (8К байт) интерпретатора языка Бейсик с поддержкой графического режима.

Все перечисленные программы (до 8К байт) предназначены для хранения в ПЗУ (каждая из них может быть зашита в один кристалл) или на магнитной кассете (монитор только в ПЗУ). Таким образом, микроконтроллер может использовать все программное обеспечение, совместимое с ОС CP/M-80 без адаптации.

Телефон для справок: 211-44-83 (Москва).

Статья поступила 22 мая 1986 г.

УДК 681.326—181.4

С. Л. Чернин, Е. М. Береговская

УЛЬТРАЗВУКОВОЙ

ЭХООФТАЛЬМОМЕТР НА БАЗЕ

ОДНОКРИСТАЛЬНОЙ МИКРОЭВМ

KP1816BE48.

При диагностических исследованиях в офтальмологии широко применяется ультразвуковая (УЗ) биометрия методом одномерной эхографии. Большинство исследований выполняется с помощью специализированных офтальмологических ультразвуковых приборов, выпускаемых как за рубежом (например, модели DBR-400 фирмы Sonometrics systemsinc США, Ultrasonic Biometr фирмы Humphrey Instruments, США), так и в СССР (эхоофтальмоскоп ЭОС-22, выпускаемый МПО ЭМА). От указанных моделей «Эхоофтальмометр ЭОМ-24» (см. фото на вкладке), разработанный во Всесоюзном научно-исследовательском институте медицинского приборостроения, выгодно отличается большей точностью определения размеров ($\pm 0,01$ мм) и расширенными функциональными возможностями: автоматическое измерение размеров роговицы, передней камеры, хрусталика и оси глаза с одновременным отображением в режиме «стоп-кадр» двух эхограмм правого и левого глаза. Встраивание в прибор однокристалльной микроЭВМ позволило автоматизировать диагностику, повысить точность измерений за счет статистической обработки результатов и расчета размеров с учетом скорости распространения ультразвука в каждой структуре глаза. Среднее время обследования пациентов сокращено. Требования к квалификации медицинского персонала за счет полной автоматизации процесса измерений снижены.

Основное назначение прибора — автоматическое определение линейных размеров, диагностика травм и заболеваний глаза. Его работа основана насылке ультразвуковых импульсов в исследуемый объект и приеме (в паузах между послылками) сигналов, отраженных от расположенных на пути излучаемого импульса акустических неоднородностей. Время между приходом эхосигналов, отраженных от границ тканей глаза, пропорционально расстоянию, которое проходит ультразвуковой импульс по этой ткани. Поэтому при известной скорости распространения УЗ в ткани измерение времени между эхо-сигналами от этой ткани позволяет определить расстояние, т. е. размер ткани.

Структурная схема прибора (рис. 1) содержит следующие элементы: электроакустический тракт, состоящий из генератора ультразвуковых колебаний, ультразвукового зонда и приемника, АЦП с ОЗУ, устройства стро-

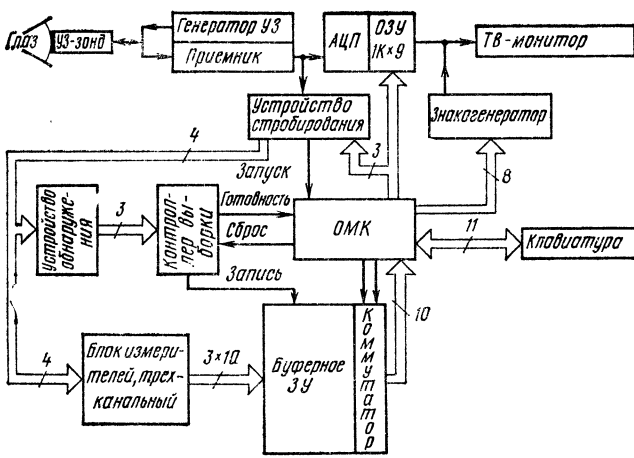


Рис. 1. Структурная схема прибора

вводит с клавиатуры расчетные значения скоростей УЗ для четырех структур глаза в диапазоне 1000 ... 2000 м/с. Встроенный в эхоофтальмометр ОМК выполнен на базе однокристальной микроЭВМ КР1816ВЕ48. ОМК управляет режимами работы прибора, выполняет функции контроллера клавиатуры (5×8 линий), рассчитывает размеры глаза в миллиметрах, управляет знакогенератором.

Введение ОМК в прибор автоматизировало обследование, повысило точность измерения, снизило массу и габариты прибора.

Микроконтроллер выполнен на плате размером 100×160 мм (формат E1) и включает в себя (рис. 2): микроЭВМ (КР1816ВЕ48), внешнее ППЗУ на 2К байт (КР573РФ5), программируемый параллельный интерфейс ввода-вывода (КР580ВВ55), программируемый таймер (КР580ВИ53), регистр (КР580ИР82).

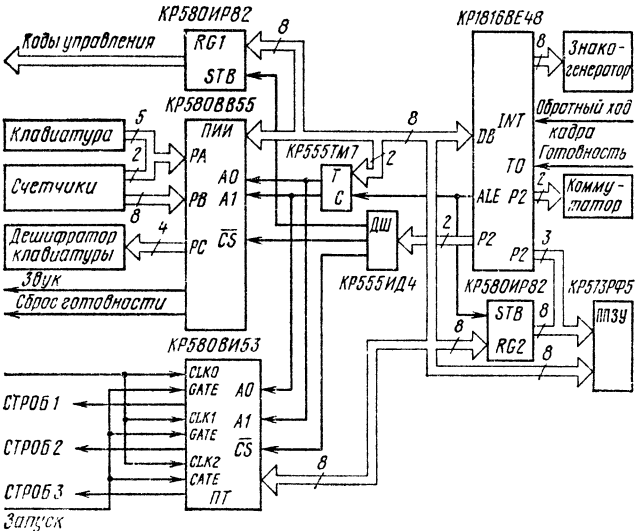


Рис. 2. Структурная схема ОМК

Данная конфигурация ОМК предусматривает работу микроЭВМ с внешней программной памятью (2К байт). Это позволяет реализовать требуемые функции, наращивая программное обеспечение прибора, и использовать в качестве базовой микроЭВМ КР1816ВЕ35.

Восьмиразрядный внутренний таймер микроЭВМ используется для реализации через порт С параллельного интерфейса звукового сигнала, сопровождающего нажатие клавиш и окончание процесса измерения в автоматическом режиме. Порт Р1 управляет работой знакогенератора: 5 линий — код выводимого символа и 3 линии — адрес строки, на которую этот символ нужно вывести.

Порт Р2 — это порт управления: 3 линии используются для организации работы микроЭВМ с внешней памятью, 2 линии управляют через дешифратор КР555ИД4 выбором внешних устройств и еще 2 линии — работой коммутатора буферного ЗУ, обеспечивающего ввод 10-разрядных значений с измерителей временных интервалов. Сигнал готовности информации подается по линии ТО. Одноуровневая система внешних прерываний синхронизирует телевизионный монитор и знакогенератор по сигналу кадрового гашения, подаваемому на вход INT микроЭВМ.

К внешним устройствам можно отнести параллельный интерфейс ввода-вывода, регистр и таймер. Параллельный интерфейс используется для сопряжения микроЭВМ с функциональной клавиатурой через порт С (3 линии) и порт А (5 линий). Порт В и 2 линии порта А используются для ввода 10-разрядного двоичного значения размеров глаза. Сигнал

бирования и обнаружения, контроллер выборки, трехканальный блок измерителей, буферное ЗУ, одноплатный микроконтроллер (ОМК), функциональную клавиатуру, знакогенератор и телевизионный монитор.

Возбуждаемые генератором в зонде ультразвуковые колебания (10 МГц) распространяются в глазном яблоке. Отраженные от границ тканей сигналы принимаются этим же зондом, усиливаются и детектируются в приемнике. Формируемая на выходе электроакустического тракта огибающая эхо-сигналов оцифровывается в быстродействующем шестизрядном АЦП (К1107ПВ1), запоминается в ОЗУ (1К×9) и выводится в виде эхограммы на экран монитора.

В приборе реализован алгоритм автоматического вычисления одновременно трех размеров тканей глаза. В стробирующем устройстве эхо-сигналы разделяются по времени прихода и распределяются по измерителям. Стробирующие сигналы формируются в ОМК по первому эхо-сигналу от роговицы, запускающему таймер.

В блоке измерителей преобразуется временной интервал между первым эхо-сигналом и последующими эхо-сигналами от структур глаза в двоичный десятиразрядный код. Этот код фиксируется в буферном ЗУ и используется для расчета размеров глаза в ОМК.

Для снижения влияния артефактов от неправильной установки ультразвукового зонда на поверхности роговицы и для повышения адекватности измерения в прибор введено устройство обнаружения, оценивающее амплитуды эхо-сигналов после каждого зондирующего импульса. На выходе устройства обнаружения сигналы формируются только в том случае, когда амплитуда каждого из четырех эхо-сигналов достигает заданного уровня. Это происходит только при установке ультразвукового зонда точно в направлении оптической оси глаза.

Контроллер выборки отслеживает сигналы с устройства обнаружения и (в случае, если они обнаружены за сто подряд осуществляемых измерений) вырабатывает сигнал записи для буферного ЗУ и сигнал готовности для ОМК. По сигналу готовности ОМК опрашивает через коммутатор буферное ЗУ. На экране монитора вместе с эхо-граммой показываются положение стробирующих импульсов и (через знакогенератор) символическая информация. Окончание измерения сопровождается звуковым сигналом.

Средние значения скоростей УЗ и положений стробирующих импульсов для здорового глаза хранятся в ПЗУ ОМК. При патологических изменениях в глазу, в случае несовпадения стробирующих импульсов с эхо-сигналами от соответствующих структур глаза, оператор может программно переместить стробы до совмещения последних с выбранным эхо-сигналом. Также можно

```

*****
** П/П ВЕТВЛЕНИЯ **
*****
OPK: CALL KLAB ;ОПРОС КЛАВИАТУРЫ
OP: MOV R1, #0PK ;АДРЕС ВОЗВРАТА ИЗ П/П
MOV R2, #TAB-1 ;ТАБЛИЦА ВЕТВЛЕНИЙ
MOV R3, #MKOD ;КОЛИЧЕСТВО ВЕТВЛЕНИЙ
MOV R4, #TAB1 ;ТАБЛИЦА КОДОВ КЛАВИАТУРЫ
OPKL: MOV A, PSW ;ЗАСЫЛКА СЛОВА СОСТОЯНИЯ В А
ANL A, #7 ;ВЫДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СЧЕТЧИКА СТЕКА
MOV R6, A
ADD A, #R6
ADD A, #88 ;ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕКУЩЕГО АДРЕСА СТЕКА
MOV R0, A
MOV A, #R1 ;ЗАПИСЬ АДРЕСА ВОЗВРАТА
MOV BRO, A ;ИЗ П/П В СТЕК
MOV A, #PSW ;УВЕЛИЧЕНИЕ СЧЕТЧИКА СТЕКА
INC A
MOV PSW, A ;ВОЗВРАТ ЗНАЧЕНИЯ В PSW
OPK1: MOV A, #R4 ;ПЕРЕБОР КОДОВ КЛАВИАТУРЫ
MOVV A, #BA ;ИЗ ТАБЛИЦЫ И СРАВНЕНИЕ ИХ
CPL A ;С КОДОМ, ПРИНЯТЫМ С
ADD A, #R5 ;КЛАВИАТУРЫ
CPL A
INC R4
JZ OPK2 ;ПРИ СОВПАДЕНИИ - ИДЕНТИФИКАЦИЯ
DJNZ R3, OPK1 ;ПЕРЕХОД К СЛЕДУЮЩЕМУ КОДУ
RET
OPK2: MOV A, #R3 ;ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ADD A, #R2 ;АДРЕСА П/П ВЕТВЛЕНИЯ
MPP BA ;ПЕРЕХОД К П/П
*****

```

Рис. 3. Фрагмент подпрограммы работы со стеком

«Сброс готовности» выводится через порт С, так же как и звуковая сигнализация. Регистр позволяет фиксировать код управления режимом работы прибора и поддерживать его до тех пор, пока с клавиатуры не поступит команда смены режима. Таймер формирует три временных интервала — стробы для устройства стробирования — и работает в режиме аппарата управления импульса. Сигнал «Разрешение» от устройства стробирования запускает систему измерения.

При подготовке устройства к работе программируется параллельный интерфейс ввода-вывода, устанавливаются исходный режим работы, начальные значения скоростей и флагов.

Ядро программы управления прибором (1300 байт) — подпрограмма опроса клавиатуры. Защита от дребезга контактов, а также определение момента нажатия клавиши — программные. Код клавиши формируется программным счетчиком. У клавиатуры прибора несколько функциональных групп: клавиш режимов, выбора и функций. При нажатии клавиш режимов регистр-зашелка запоминает соответствующий код и переключает прибор в данный режим работы. В каждом режиме существует ряд ветвлений, которые также управляются с клавиатуры и позволяют производить аналогичные действия клавишами функций с различными параметрами. Так, в частности, чтобы сдвинуть первый строб (выделяющий сигнал от передней камеры глаза) влево, необходимо нажать последовательность клавиш «М» (маркеров), «ПК» (передняя камера) и «←» (влево). Отметим, что клавиши «ПК» (передняя камера), «ХР» (хрусталик), «ГЛ» (глаз) и «←», «→» — многофункциональны, так как «ХР», «ПК», «ГЛ» — используются в режиме ввода с клавиатуры расчетных значений скоростей распространения УЗ в соответствующих средах, а клавиши «←», «→» — используются для перемещения визирных линий в режиме ручного измерения размеров глаза. Для удобства организации модульной структуры программы разработана подпрограмма работы со стеком, которая заносит в стек требуемый адрес возврата для данной подпрограммы режима прибора (рис. 3).

Размеры глаза рассчитываются с точностью до второго знака после запятой по формуле $L_i = V_i p_i / K_i$, где L_i — размер i -й структуры глаза (мм); V_i — скорость УЗ в i -й структуре (м/с); p_i — показания счетчиков измерения в соответствующей i -й структуре (мкс); K_i — коэффициент приведения для i -й структуры. Для каждой i -й структуры коэффициент K_i — величина постоянная, а p_i и V_i могут меняться в определенных пределах, в зависимости от индивидуальных особенностей глаза. Все арифметические операции и преобразования прово-

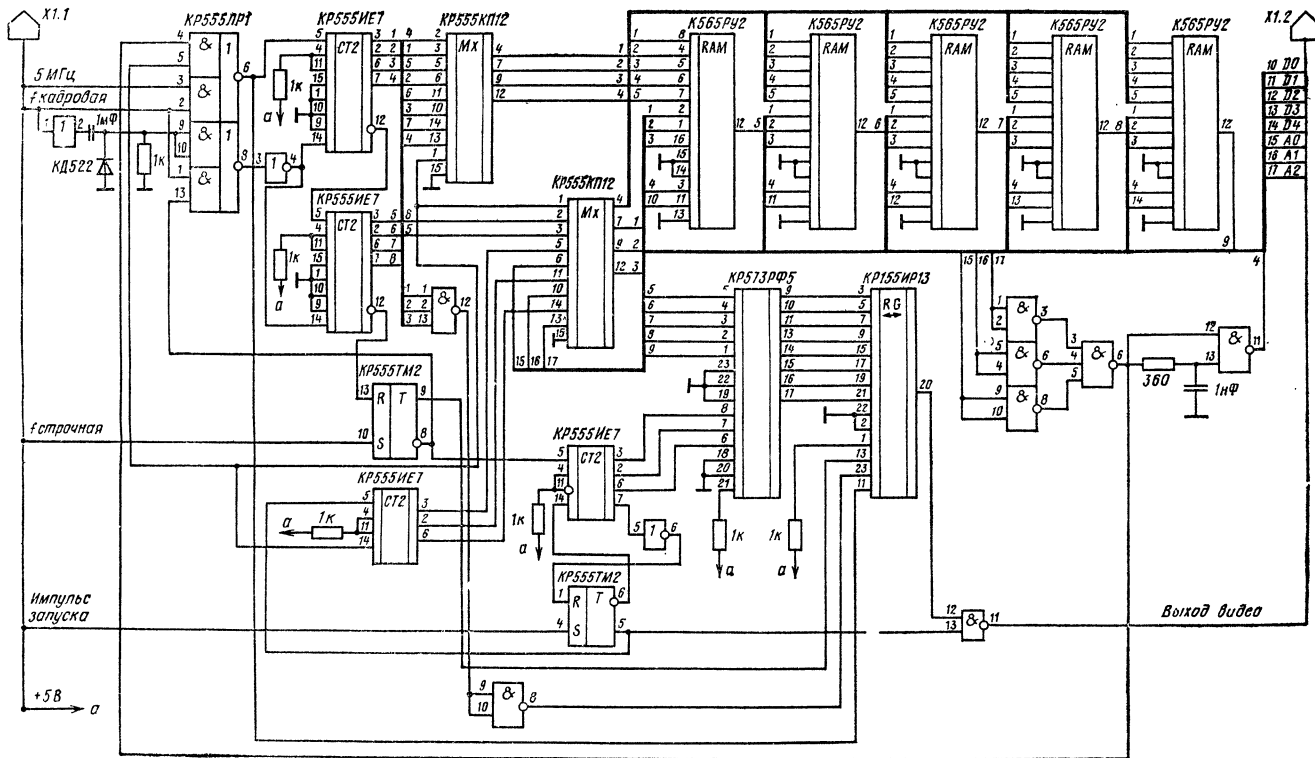


Рис. 4. Принципиальная схема знакогенератора

дятся с двухбайтными числами. Результаты вычислений записываются в ОЗУ микроЭВМ и выводятся во прерываниях через знакогенератор на экран телевизионного монитора.

Знакогенератор, сопрягающий ОМК с монитором, выводит на экран алфавитно-цифровую информацию (8××32 знакоместа).

Особенность схемы (рис. 4) — синхронный режим работы во время записи кода символа в ОЗУ знакогенератора по адресу, определяемому порядковым номером кода символа. Алфавит записан в ПЗУ знакогенератора. За время обратного хода кадра в знакогенератор последовательно записывается информация одной строки. Время обновления всей символьной информации на экране 160 мс.

УДК 681.326—184.1

П. А. Семенов, С. Н. Федоров, Э. М. Миронова, Э. В. Егорова

МИКРОКОМПЬЮТЕРНАЯ СИСТЕМА НА БАЗЕ МПК БИС КР580 ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БИОСИГНАЛОВ ГЛАЗА

Микрокомпьютерная система предназначена для полностью автоматической обработки электроокулографических биосигналов глаза [1], используемых в офтальмологии для диагностики ранних стадий заболеваний сетчатки глаза. По сравнению с лучшими зарубежными образцами [2], систему отличает: полная автоматизация процесса обработки биосигналов (это позволяет в 8 раз поднять производительность этой методики); высокая достоверность результатов и их «устойчивость» к наличию помех благодаря методам цифровой фильтрации, оптимальной фильтра-

ции, обнаружению и распознаванию информативной компоненты биосигналов в режиме реального времени по двум каналам; возможность связи с внешним компьютером информационной диагностической системы; простота и удобство в эксплуатации и обучении благодаря развитым сервисным функциям и графическому программному обеспечению.

Пример. Выборка биосигнала, регистрируемого от пациента (рис. 1). Основные компоненты биосигнала: узкополосная стационарная когерентная помеха высокой амплитуды; нестационарные помехи, вызванные мор-

Положение информации на экране определяется сигналом «Импульс запуска», синхронизированным с частотой «f кадрная» и подаваемым с требуемой задержкой относительно нее. Такая организация знакогенератора позволяет за счет исключения адресной шины освободить 5 линий вывода ОМК, которые используются для целей управления. Клавиша «Сброс» осуществляет аппаратный сброс ОМК и запуск программы с нулевой ячейки.

ОМК ультразвукового эхоофтальмометра — это унифицированный модуль, встраиваемый в медицинские приборы. Его можно использовать в различных областях приборостроения, например в дефектоскопии.

Телефон для справок — 211-44-22 (Москва).

Статья поступила 2 июня 1986 г.

ганием, вращением головой и дрейфом глаза; ложный биосигнал; информативный биосигнал. Именно наличие в регистрируемом сигнале нестационарных помех и ложной компоненты не позволяло полностью автоматизировать электроокулографические обследования с помощью существующей аппаратуры зарубежных фирм, которая по своей сути — это лишь автоматические регистраторы при сохранении оператора в качестве «селектора и распознавателя» информативной компоненты.

Полная автоматизация обработки электроокулографических сигналов возможна с помощью методов цифровой оптимальной фильтрации, обнаружения и распознавания образов при условии их реализации в режиме реального времени. Это обеспечивается только применением микропроцессоров (МП). Малая величина верхней граничной частоты сигнала позволяет использовать МПК БИС КР580.

Основа структурной схемы микрокомпьютерной электроокулографической системы (рис. 2) — одноплатный микрокомпьютер на базе МП (CPU) КР580ИК80А. Микрокомпьютер служит для управления процессами измерений, цифровой обработки биосигналов глаза и отображения результатов и имеет развитую сеть ввода-вывода, определяемую особенностями автоматизации методики обследования.

Контроллер клавиатуры и индикации (KDC) КР580ВГ79 выводит на 7-сегментные индикаторы результаты измерений и системные сообщения, отражающие текущее состояние цифровой обработки биосигналов и выявленные при этом ошибки, сканирует основную клавиатуру системы (см. фото на вкладке) и клавиатуру кодера, служащего для ввода кода пациента с целью идентификации пересылаемых сообщений во внешний компьютер. При записи кода нажатой клавиши во внутренний стек KDC формирует сигнал KEYВ запроса прерываний. Интегральный контроллер КР580ВГ79 позволяет реализовать автономную динамическую индикацию из внутреннего буфера

Sample NAME = YURAZ (OS graphics)

OD max = 93 mcV OD min = -91 mcV

OS max = 94 mcV OS min = -88 mcV

Length = 5371

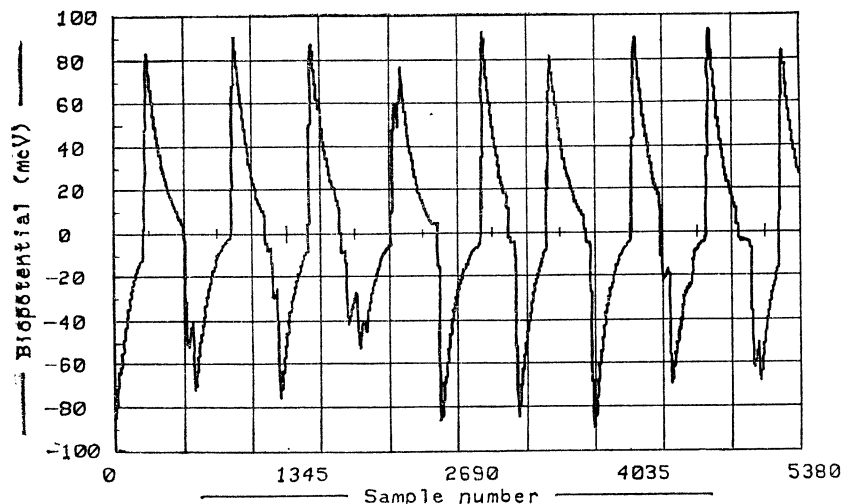


Рис. 1. Выборка EOG-сигнала

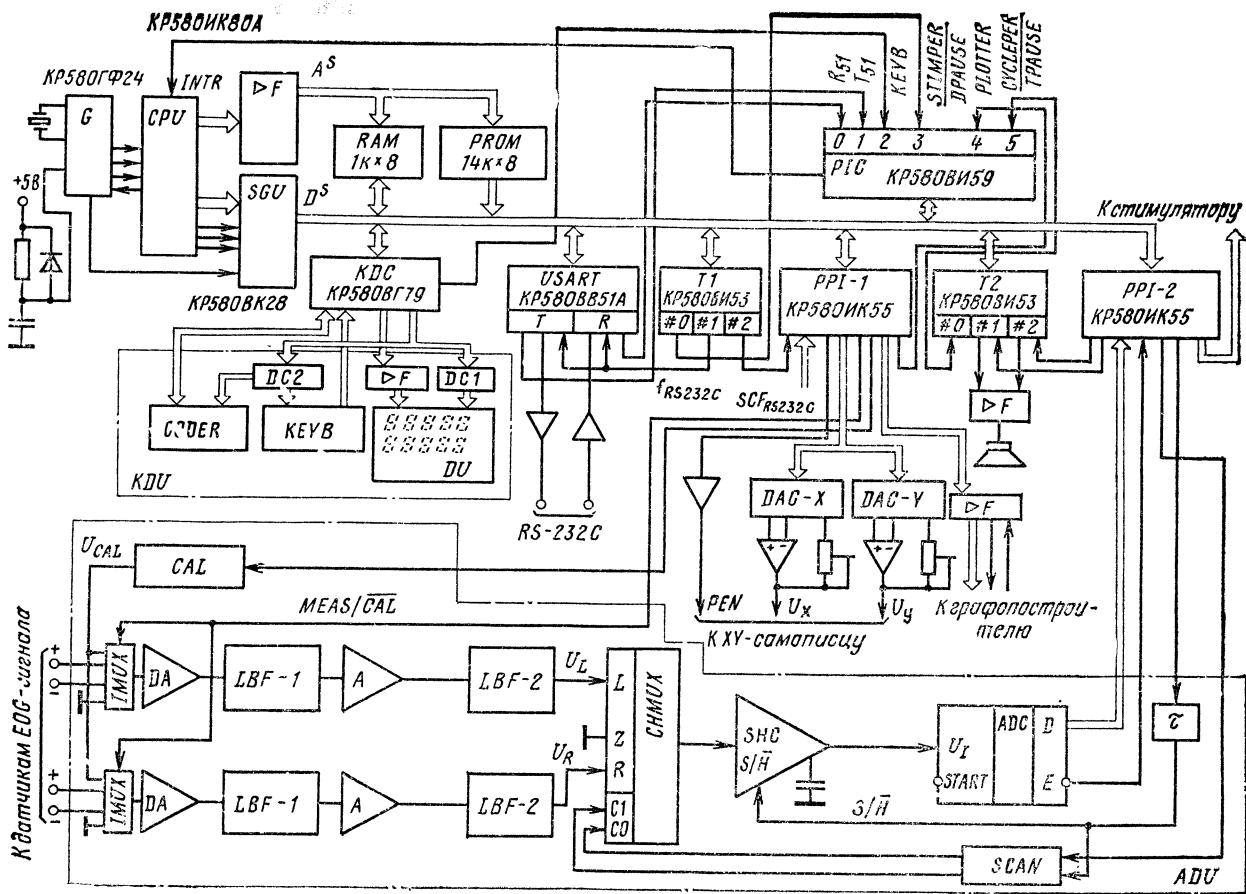


Рис. 2. Структурная схема микрокомпьютерной системы

G — генератор; CPU — микропроцессор; RAM — оперативная память; PROM — программируемая постоянная память; PIC — контроллер прерываний; KDC — контроллер клавиатуры и дисплея; USART — последовательный приемопередатчик; T₁, T₂ — программируемые таймеры; PPI-1,2 — параллельные интерфейсы; KDU — блок клавиатуры и индикации; KEYB — клавиатура; DU — индикаторы; DC1, DC2 — дешифраторы; ΔF — формователи; DAC-X, DAC-Y — цифро-аналоговые преобразователи напряжений U_x и U_y ; CAL — калибратор; IMUX — входные мультиплексоры; DA — дифференциальные усилители; LBF-1, -2 — фильтры нижних частот; A — усилитель; CHMUX — каналный мультиплексор; SHC — схема выборки — хранения; ADC — аналого-цифровой преобразователь; τ — одновибратор; SCAN — счетчик сканирования каналов; ADU — аналого-цифровой блок

(16 байт), загружать, начиная с любой матрицы в любом направлении цифровую и алфавитную информацию, автоматически подавлять дребезг клавиатуры, разделять и отдельно кодировать клавиши при их одновременном нажатии. Это значительно разгружает процессор, упрощает ПО и аппаратную реализацию.

Последовательный универсальный приемопередатчик (USART) KP580BV51 связывает микрокомпьютер с внешним компьютером через дуплексный канал RS-232C. Внешний компьютер может принимать код пациента и результаты измерений, а также передавать в микрокомпьютерную систему условия проведения обследования. Скорость асинхронной передачи по каналу RS-232C программируется таймером (T₁#1) KP580BH53 и устанавливается при включении системы в соответствии с состоянием кодера SCF_{RS-232C} на задней панели прибора.

Таймеры (T₁#0 и T₁#2) задают период стимуляции STIMPER глаза пациента, приводящей к появлению биосигнала, и частоту квантования f_q аналогового сигнала.

Таймер T₂ формирует в режиме одновибратора прерывание по периоду циклов стимуляции CYCLEPER и, в режиме делителя частоты, — два аудиосигнала, передаваемых через формователь ΔF на динамики и соответствующих подтверждению обработки системой команд с клавиатуры (≈ 2 кГц) и обнаружения системных ошибок (≈ 600 Гц).

Длительность пачек звуковых сигналов и их период находятся под программным управлением оперативной задачи DPAUSE и задаются двумя битами параллельного интерфейса PPI-2.

Программируемые периферийные интерфейсы PPI-1 и PPI-2 KP580IK55 сопрягают микрокомпьютер системы с цифро-аналоговыми преобразова-

телями DAC-X, DAC-Y и формователем сигнала PEN для управления двухкоординатным самописцем, а также с параллельным интерфейсом цифрового графопроектиратора, со стимулятором и аналого-цифровым трактом ADU.

Программируемый контроллер прерываний (PIC) KP580BH59 обрабатывает запросы прерываний, поступающих из различных устройств системы, и, в зависимости от их приоритета и установленной маски, формирует сигнал INTR запроса прерываний в CPU.

Аналого-цифровой измерительный тракт (ADU) проводит усиление биосигналов, их фильтрацию и аналого-цифровое преобразование для ввода в микрокомпьютер. Динамический диапазон биосигнала (2 мкВ...8 мВ) согласуется со шкалой преобразования аналого-цифрового преобразователя ADC с помощью входных высокоимпедансных буферных малошу-

мящих дифференциальных усилителей DA, работающих непосредственно от датчиков биосигнала в виде посеребренных дисковых электродов, и промежуточных усилителей А.

Высокочастотное ограничение спектра биосигнала в полосе до 12 Гц реализуется с помощью двухкаскадного НЧ-фильтра состоящего из фильтров LBF-1 третьего порядка структуры Рауха и LBF-2 второго порядка структуры Саллен-Ки. Для

обоих фильтров выбрана аппроксимация Бесселя—Баттерворта, обеспечивающая оптимальное соотношение гладкости импульсной характеристики и крутизны в полосе заграждения.

Двухканальное аналого-цифровое преобразование реализуют каналный мультиплексор CHMUX, а также интегральные схемы выборки-хранения (SHC) КР1100СК2 и АЦП (ADC) К1113ПВ1. ADC и SHC запускаются

автоматически при считывании микропроцессором результата предыдущего преобразования из интерфейса PPI-2. Одновибратор τ формирует сигнал выборки, по окончании которого запускается ADC и счетчик сканирования каналов SCAN переключает CHMUX на следующий входной канал.

Для повышения точности и стабильности результатов, а также для снижения требований к электронным компонентам измерительного канала в системе производится программная коррекция погрешностей измерений типа нелинейности, масштаба и сдвига нуля передаточной характеристики. Погрешности нелинейности и масштаба корректируются калибровкой сквозного измерительного тракта несколькими значениями переменного калибровочного напряжения U_{CAL} с последующей соответствующей нормировкой результатов измерения биосигнала, для чего на входе каждого канала включен входной мультиплексор IMUX. Тракт калибруется в начале каждого цикла стимуляции. Погрешность сдвига нуля в связи с переменным характером сигналов на входе CHMUX определяется только каналом CHMUX-SHC-ADC. Она может быть скорректирована программным вычитанием результата преобразования нуля на входе CHMUX из результатов преобразования U_L и U_R в каждом цикле квантования с частотой f_q .

Программное обеспечение микрокомпьютерной системы — это многорежимная фоновая-оперативная система реального времени, обеспечивающая оптимальное управление прибором благодаря временному распараллеливанию операций ввода-вывода и функций контроля. Система располагается в ППЗУ (14К байт на семи микросхемах К573РФ5) и использует для работы ОЗУ (1К байт на двух микросхемах КР541РУ2А).

Многорежимная фоновая задача включает в себя два независимых монитора READY (рис. 3) и JOB и выполняет взаимную инициализацию мониторов READY и JOB, а затем цифровую обработку, распознавание и измерение биосигналов (в режиме JOB), управляет обменом по последовательному каналу RS-232C с внешним компьютером, выводит результаты в графической и текстовой форме на двухкоординатный самописец или графопостроитель, управляет стимулятором.

Алгоритм цифровой обработки биосигналов глаза (рис. 4) — это часть фоновой задачи JOB и выполняется при калибровке сквозного измерительного тракта системы и при непосредственной обработке биосигналов глаза. В структуре алгоритма можно выделить три основных этапа (см. рис. 3): аналого-цифровое преобразование сигнала и подавление коге-

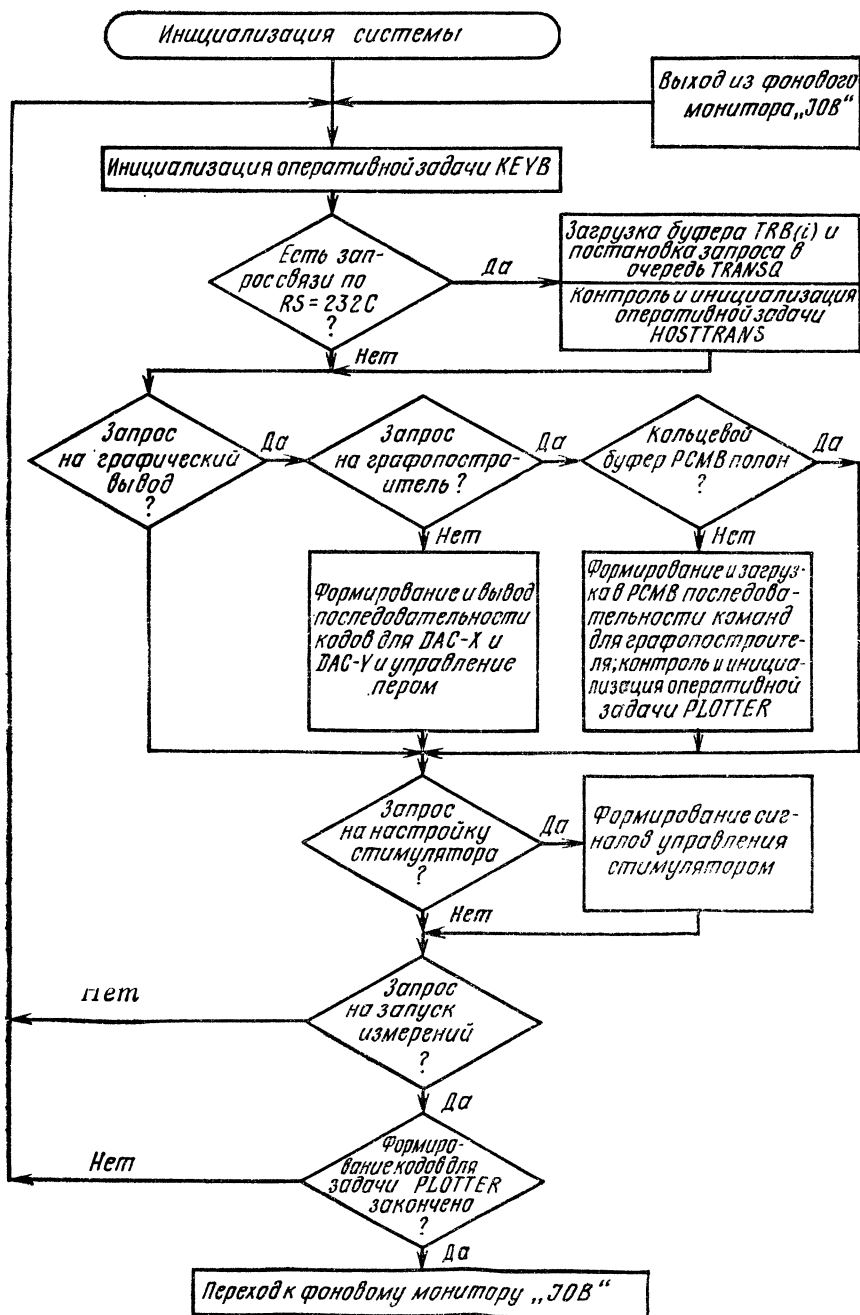


Рис. 3. Фоновая задача READY

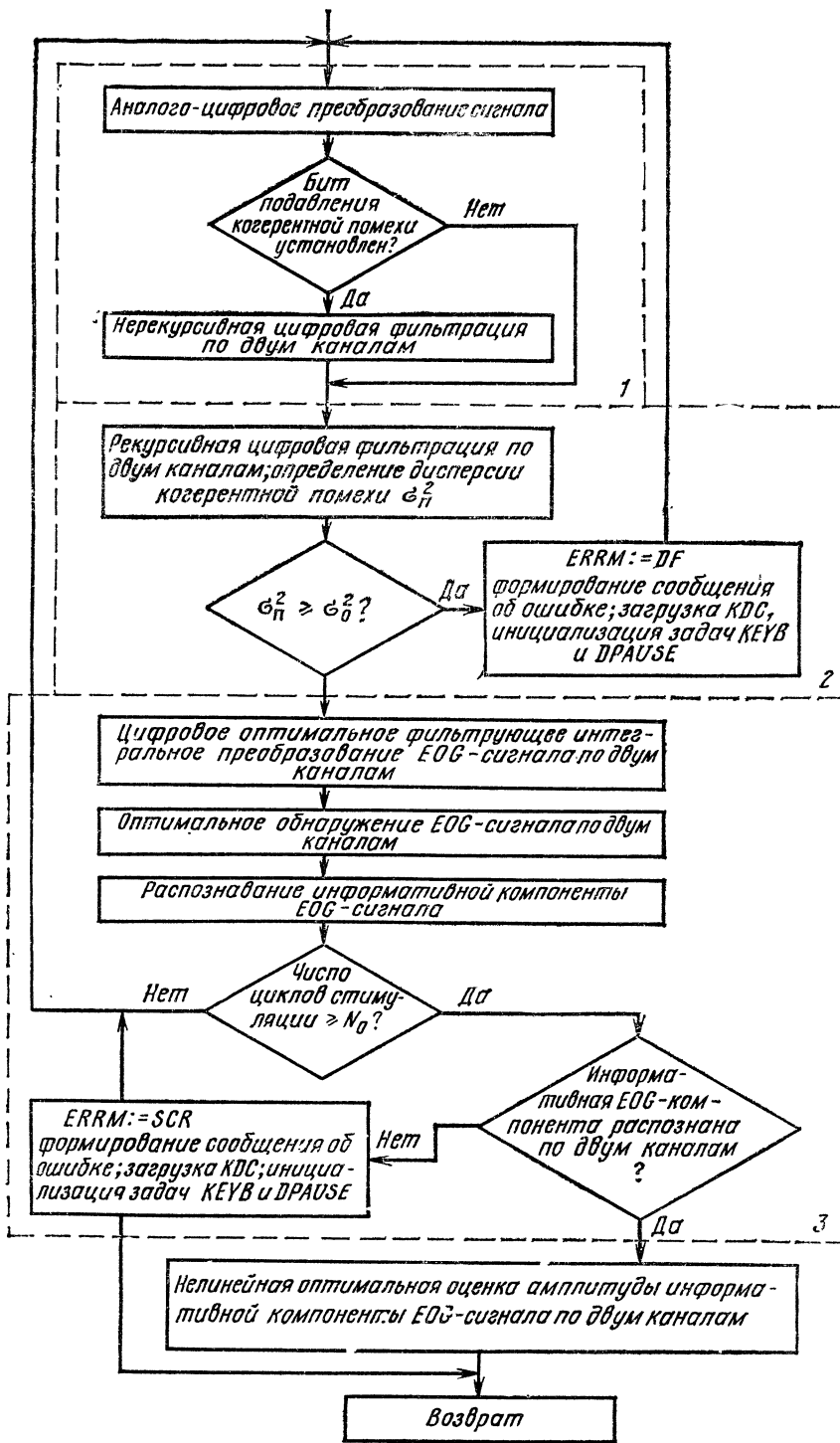


Рис. 4. Алгоритм цифровой обработки ECG-сигналов

рентной помехи нерекурсивным цифровым фильтром при установленном бите подавления; обнаружение когерентной помехи (с помощью цифровой рекурсивной селективной фильтрации и анализа дисперсии выход-

ной кодовой последовательности фильтра); цифровая оптимальная фильтрация, обнаружение и распознавание информативной компоненты биосигнала.

Этапы обнаружения и подавления

когерентной помехи включены в состав алгоритма цифровой обработки биосигналов в соответствии с высокими требованиями к точностным характеристикам микрокомпьютерной системы. На этих этапах помеха единичной амплитуды по шкале квантования обнаруживается и подавляется до нуля при постоянстве фазы и амплитуды помехи в течение одного периода. При обнаружении помехи оператору выдается соответствующее сообщение об ошибке типа DF инициализацией оперативных задач KEYB и DPAUSE управления KDC. Наличие помехи в сигнале, как правило, связано с плохим контактом датчиков биосигнала с кожей пациента, однако данная система позволяет получать высокочастотные результаты даже в этом случае.

Биосигнал обрабатывается и измеряется на этапе 3 по адаптивным алгоритмам оптимальной цифровой фильтрации, обнаружения и распознавания. В случае отсутствия информативной компоненты сигнала хотя бы в одном из каналов формируется системное сообщение об ошибке типа SCR и инициализируются оперативные задачи KEYB и DPAUSE для ее индикации. Адаптивный характер алгоритма обработки сигналов позволяет автоматически настраивать систему под конкретного пациента, обеспечить высокую достоверность результатов и определить ряд индивидуальных характеристик глазодвигательного аппарата.

Управление обменом (по каналу RS-232C) с внешним компьютером для запроса параметров обследования и передачи результатов — одна из основных функций фоновой задачи. Обмен инициализируется загрузкой сообщения внешнему компьютеру в i -й буфер TRB(i) приоритетной очереди TRANSQ, постановкой запроса в очередь и запуском оперативной задачи HOSTTRANS. Наивысший приоритет в очереди имеют запросы фоновому монитору JOB, требующего внеочередной передачи для установки параметров обследования.

Графический монитор GDM [3], выводящий результаты в графической и текстовой формах, также поддерживается фоновой задачей в режимах READY и JOB. GDM имеет два принципиально различных по структуре, но неразличимых для программиста раздела, управляющих выводом на цифровой графопостроитель и двухкоординатный самописец и переключаемых программно командой PLOTTER IS. Драйвер самописца (рис. 3) включает знакогенератор программы формирования линий различного типа. Это позволяет фоновой задаче непосредственно формировать последовательность кодов для управления пером и цифро-аналоговыми преобразователями DAC-X и DAC-Y. В случае применения графо-

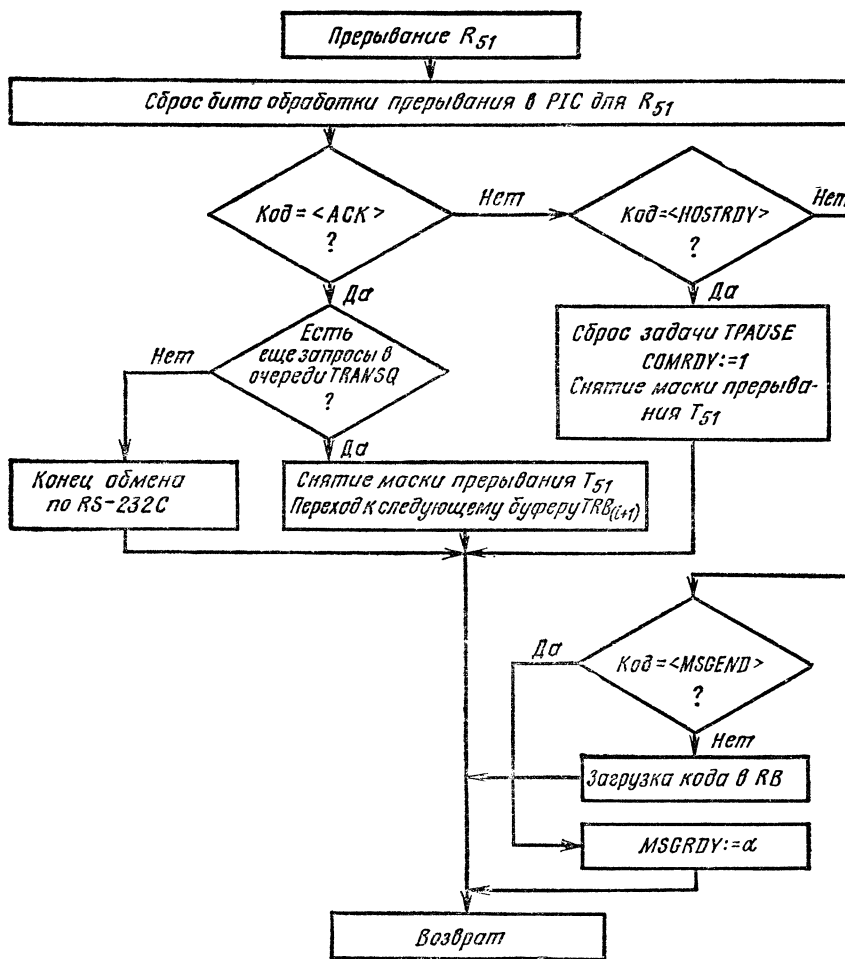


Рис. 5. Оперативная задача HOSTTRANS

построителя со встроенным МП фоновая задача формирует и загружает в кольцевой буфер РСМВ последовательность команд в соответствии со входным языком графопостроителя (например, HP-GL [4]) и инициализирует оперативную задачу PLOTTER их вывода.

В оперативном режиме могут находиться следующие задачи (в соответствии с приоритетом): приемник канала RS-232C HOSTRECV; передатчик канала HOSTTRANS; многорежимный монитор клавиатуры KEYB; управление временными интервалами при индикации и стимуляции DPAUSE/STIMPER; вывод на графопостроитель PLOTTER; формирование периода стимуляции и паузы задачи HOSTTRANS (CYCLEPER/TPAUSE).

Задача HOSTTRANS (рис. 5) запускается новыми мониторами и совместно со всегда активной задачей HOSTRECV (рис. 6) инициализирует обмен и передачу данных между системой и внешним компьютером. Возможная большая нагрузка внешнего компьютера делает необходимым анализ его готовности обменом синхронизирующими сообщениями HOSTATTW (из системы в компьютер) и HOSTRDY (из компьютера в систему). При каждой инициализации задачи HOSTTRANS или при переходе к следующему элементу очереди TRANSQ, анализируется обменник состояния COMRDY готовности канала. При отсутствии готовности задача HOSTTRANS переводится в состояние ожидания и инициализируется задача TPAUSE формирования паузы 10 с. Если в течение этого времени было принято подтверждение готовности компьютера, то производится установка обменника COMRDY и реактивируется задача HOSTTRANS. В противоположном случае — по концу TPAUSE повторно передается сообщение HOSTATTN. Окончание приема подтверждается компьютером (передачей сообщений АСК). Это дополнительно повышает надежность связи.

При передаче информации из внешнего компьютера прием сообщения конца передачи MSGEND вызывает установку обменника состояния MSGRDY, анализируемого фоновым монитором JOB. При готовности информация считается из кольцевого буфера приемника RB.

Многорежимная оперативная задача KEYB всегда активна в системе. Она считывает код нажатой клавиши из внутреннего стека и распознает задаваемую оператором функцию. При запросе на смену содержимого индикационного буфера производится его перезагрузка и инициализация задачи (DPAUSE) формирования аудиосигнала для подтверждения отработки команды. При нажатии функциональных клавиш (вывод на графопостроитель, останов измерений

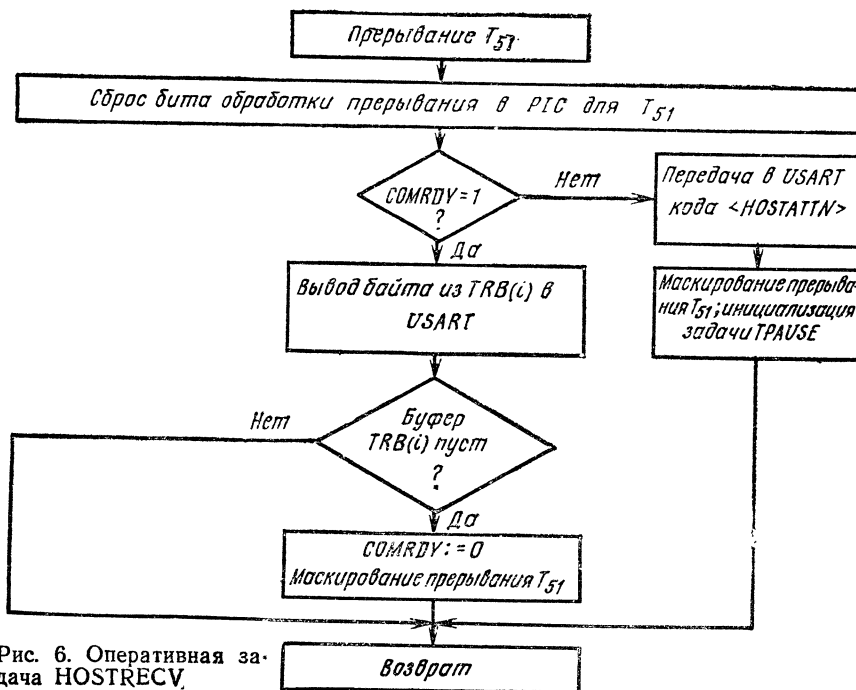


Рис. 6. Оперативная задача HOSTRECV

и т. д.) устанавливается соответствующий обменник состояния, анализируемый фоновыми мониторами. В зависимости от типа активного в данный момент фонового монитора задача КЕУВ перекодирует функции и игнорирует нажатие отдельных клавиш. Это устраняет ошибочные ситуации и уменьшает размер клавиатуры.

Оперативные задачи STIMPER и CYCLERPER запускаются в режиме JOB и формируют соответственно временной период стимуляции и интервал между циклами измерений.

Программное обеспечение полностью реализовано на языке ассемблера МП КР580ИК80А и было разработано на микроЭВМ СМ1800 с помощью специального переходного блока для непосредственной отладки на аппаратной реализации системы.

Конструктивно [5] система выполнена в виде единого блока (см. цв. фото), к которому подключаются лишь датчики биосигналов, стимулятор и графопостроитель. В этом же корпусе расположен малогабаритный источник питания (+5 В/4 А, ±15 В/150 мА, +12 В/200 мА, -5 В/2 мА), который благодаря применению импульсного стабилизатора +5 В и интегральных одно- и биполярных стабилизаторов серии К142 очень экономичен. Применение методов цифровой программной фильтрации упростило конструктивную реализацию аналого-цифрового тракта и исключило его экранирование.

Описанный набор аппаратно-программных средств позволяет реализовать эффективную цифровую обработку электроокулографических сигналов глаза в режиме реального времени, адаптивное автоматическое управление этой обработкой и широкий набор сервисных функций.

Адрес для справок: 127486, Москва, Бескудниковский бул., д. 59а; ВЦ МНТК МГ, Телефон — 485-33-62.

ЛИТЕРАТУРА

1. Arden G. B., Bagrada A., Keelsey J., Brit J. *Ophthalmology*.— 1962.— V. 46.— № 8.— P. 449—467.
2. Cadwell 7400 *Archives of Ophthalmology*.— 1983.— Vol. 101.— № 4.— P. 549.
3. Семенов П. А. Микроконтроллеры на базе БИС КР580 для микроЭВМ «Электроника 60» и «Электроника НЦ-80-01Д» // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 3.— С. 42—45.
4. *Electronic instruments and systems* Hewlett-Packard, 1983.
5. Семенов П. А., Федоров С. Н., Миронова Э. М., Егорова Э. В. Система микрокомпьютерная электроокулографическая. Свидетельство № 18107 на промышленный образец от 15.02.1985 г.

Статья поступила 8 июля 1986 г.

УДК 612.822.3

С. М. Бородин, В. И. Лукьянов, В. А. Зайцев, Е. А. Тетерина

МИКРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МОЗГА

Значение компьютерных средств в медицине, вероятно, особенно велико в тех ее разделах, которые связаны с центральной нервной системой. Головной мозг, являясь материальной основой личности человека, центральным регулятором всех процессов жизнедеятельности, выполняя наиболее сложные функции,— в то же время самой природой «упрятан» от внешнего наблюдения в гораздо большей степени, чем другие органы и системы. Не случайно первый компьютерный томограф был создан именно для головы [1]. Компьютерная томография предоставила уникальные возможности визуализации детальной анатомии мозга. Однако не меньшее значение имеют особенности функционирования мозга, которое может быть нарушено как вследствие анатомических изменений, так и без них. Функциональное состояние мозга компьютерно-томографическими средствами непосредственно не раскрывается; для его контроля требуются специфические диагностические системы, включающие вычислительную технику. Особое значение имеет длительный мониторинг контроль функционального состояния мозга в нейрохирургической клинике.

Проявления функционирования мозга настолько многообразны, что трудно надеяться на однозначную его оценку при автоматизированном мониторинге контроле. Отзвуком сложнейших процессов в мозге является его биоэлектрическая активность (БЭА), регистрируемая в виде электроэнцефалограмм. Анализируя спонтанную и вызванную (возникающую в ответ на внешние раздражения) БЭА, можно во многих случаях получить важную информацию о состоянии мозга, на ранних этапах выявлять патологические процессы, предсказывать осложнения.

В НИИ нейрохирургии им. Н. Н. Бурденко АМН СССР для этих целей были разработаны две системы на основе микроЭВМ «Электроника 60М» и «Искра 226.6».

1. Монитор функционального состояния мозга «НЕЙРО-1»

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ), регистрируемая в нескольких отведениях (от 2 до 20), представляет собой многомерный квазистационарный случайный процесс, содержащий колебания с амплитудой 10...150 мкВ, в частотном диапазоне 0,1...30 Гц.

К наиболее информативным характеристикам БЭА относятся спектры мощности колебаний в различных от-

ведениях, а также спектры когерентностей (амплитудные и фазовые). Спектры мощности дают простую и в то же время довольно общую и приблизительную информацию о состоянии мозга. За рубежом для мониторинга состояния мозга применяются, в основном, спектральные анализаторы ЭЭГ [2—4]. Спектральное представление ЭЭГ обеспечивает удобную для оценки, сжатую форму отображения БЭА мозга. Однако оно не дает нового качества в оценке ЭЭГ, поскольку частотный состав может быть определен в общих чертах и «на глаз», при визуальном контроле непосредственно регистрируемой кривой.

Более тонкой характеристикой БЭА, которая по существу выявляется лишь математическими средствами, является спектр когерентностей в различных парах отведений. Функции когерентностей представляют собой нормированные комплексно-значные кросс-спектры [5]. Они отражают пространственно-временную организацию колебаний биопотенциалов.

Основные принципы спектрально-когерентного анализа ЭЭГ в оценке функционального состояния мозга отражены, в частности, в работах [6—8]. В соответствии с ними, в норме у человека существуют определенные, довольно устойчивые — оптимальные — свои для каждой пары отведений значения средних уровней когерентностей в физиологических диапазонах: δ (0,1...4 Гц)-, θ_1 (4...6 Гц)-, θ_2 (6...8 Гц)-, α (8...13 Гц)-, β (13...20 Гц)-ритмов. Существенные отклонения этих значений в ту или иную сторону могут быть связаны с различными заболеваниями.

Амплитуды комплексных когерентностей отражают степень согласованности ритмов в различных отделах мозга: от полного распада согласованной БЭА (средние уровни когерентностей близки к нулю) до генерализованной активности, когда средние уровни близки к 1 (гиперсинхронизация). Фазы отражают фазовые сдвиги когерентных колебаний.

Выявление определенных закономерностей пространственно-временной организации БЭА при различных видах патологии мозга представляет актуальную проблему, которая в настоящее время с проявлением необходимых технических и математических средств начала разрабатываться. Для обеспечения дальнейших исследований в этой области служит монитор функционального состояния «НЕЙРО-1».

Описание монитора. Мониторы (средства обеспечения отображения текущего состояния на экране) позволяют строго индивидуально подойти к лечению, благодаря возможности оперативно наблюдать за реакцией конкретного больного на лечебные воздействия и оперативно корректировать эти воздействия.

Описываемый монитор для мозга является спектрально-когерентным анализатором ЭЭГ, работающим в реальном масштабе времени.

Монитор имеет две модификации: первая на базе компьютера СМ-4, вторая — на «Электронике 60М». Соответствующие варианты программы различаются только процедурами запуска, диспетчеризации и аналогового ввода-вывода; основные счетные программы в обоих вариантах идентичны.

Комплекс на базе СМ-4 фактически выполнял роль стенда для разработки целевого прибора — микропроцессорного монитора; на стендовом (инструментальном) комплексе проводилась вся разработка, отладка системы, отслеживание документации; здесь же выводилась перфокарта с кодами программ монитора для непосредственной записи в ПЗУ прибора «НЕЙРО-1».

Главный вариант системы представляет собой специализированный передвижной программно-аппаратный комплекс с постоянной программой, содержащий следующий минимальный набор устройств: центральный вычислитель с интерфейсами, алфавитно-цифровой дисплей (VDT-52100), печатающее устройство (DZM-180), индикатор электронно-лучевой 6-канальной.

Центральный вычислитель занимает двойной крейт микрокомпьютера «Электроника 60М» и включает в себя процессор (M2), 8К дополнительной оперативной памяти, 8К постоянной перепрограммируемой памяти, интерфейс дисплея, интерфейс печати, АЦП 15КА-60/010 (с дополнительными масштабирующими преусилителями), ЦАП 15КА-60/4-009.

Для обеспечения эффективного контроля состояния мозга в условиях клиники прибор должен:

обращать входные сигналы в реальном масштабе времени, т. е. все расчеты должны производиться на фоне ввода новых данных и с темпом ввода новых данных;

быть компактным и мобильным, содержать минимум внешних устройств;

надежно и просто работать в реальных условиях при воздействии артефактов различной природы; содержать минимум нестандартных или дефицитных составных частей (быть воспроизводимым).

Структурная схема монитора представлена на рис. 1. Информация поступает на вход монитора непосредственно от испытуемого (через уси-

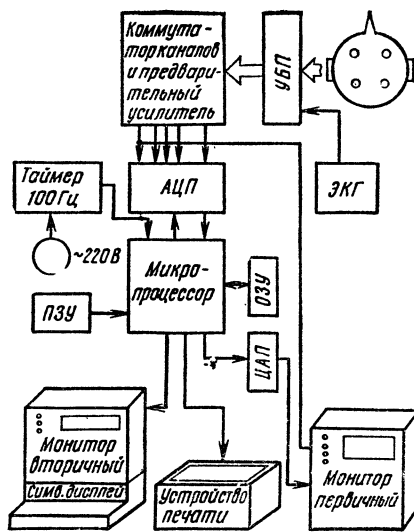


Рис. 1. Структурная схема монитора

литель биопотенциалов — УБП или электроэнцефалограф) либо с магнитографа, где она была предварительно записана. Данные вводятся по пяти каналам (четыре канала ЭЭГ и один канал ЭКГ) с частотой опроса каждого канала 100 Гц. Входную информацию можно контролировать с помощью первичного индикатора — многоканального осциллоскопа. Ввод новых данных производится на фоне расчетов по ранее введенной информации.

Программа обработки осуществляет:

- расчет спектров мощности по алгоритму быстрого преобразования Фурье для четырех каналов ЭЭГ;
- расчет амплитудных и фазовых спектров когерентности;
- выделение R-зубца ЭКГ и расчет частоты пульса;
- распознавание и удаление на входе некоторых артефактов;
- форматирование выходных данных и вывод их на экран или (и) печатающее устройство — на фоне продолжения мониторинга;
- поддержание простейшего диалога с исследователем на фоне продолжения мониторинга.

Четырехканальная ЭЭГ поступает на обработку отрезками (эпохами) длиной в 2,56 с (256 измерений по каждому каналу). Усреднение периодogram Фурье производится методом экспоненциального последовательного сглаживания с эффективной длиной 7...8 эпох. Выходная информация по ЭЭГ рассматривается в полосе 0,4...20,4 Гц с дискретностью 0,4 Гц.

Особое значение для таких приборов имеет их защищенность от воздействия помех и артефактов. Задача состоит в том, чтобы не просто распознать программными средствами артефактный участок ЭЭГ и «вы-

резать» его из дальнейшего анализа. Дополнительно необходимо предусмотреть, чтобы такое «вырезание» было корректным, т. е. не оказывало существенного влияния на вычисляемые спектрально-когерентные характеристики. Например, важно, чтобы не порождались искусственно при этом резкие перепады сигнала, одновременно по всем каналам, — это может приводить к искусственному подъему когерентности.

В мониторе предусмотрено подавление следующих артефактов.

Амплитудные. Если по одному из каналов ЭЭГ сигнал превышает заданный уровень, то «вырезается» соответствующий участок во всех четырех каналах с корректным «сшиванием» безартефактных частей (т. е. без резких скачков сигнала).

Сетевая наводка. Таймер, задающий режим квантования входных сигналов, обеспечивает прерывания программы с удвоенной частотой относительно частоты промышленной электросети, и при этом синхронизируется от сети. В результате ни основная частота сети (что естественно), ни ее гармоники (100 ± 2 Гц и более высокие) в контролируемый диапазон частот не «просачиваются». Дополнительные ошибки, возникающие из-за некоторой нестабильности частоты таймера, не превышают других ошибок в системе.

Артефакты сердечно-сосудистого генеза. Нередко со скальпа регистрируются электрокардиографические комплексы, наложенные на ЭЭГ, — в особенности у тяжелых нейрохирургических больных. Будучи строго периодическими сигналами, частоты которых примыкают к контролируемому диапазону, и появляясь согласованно во всех отведениях, они порождают характерную линейчатую артефактную структуру в спектрах когерентности. Поэтому требуется производить корректное «вырезание» или сглаживание соответствующих участков. Именно поэтому важно параллельно с регистрацией ЭЭГ иметь электрокардиографический канал. Попутно определяется такая важная физиологическая характеристика, как частота пульса, которая также отражает функциональное состояние мозга, поскольку является объектом центральной регуляции.

Результаты отображаются на стандартном символьном дисплее в виде кадров фиксированного формата. Копия кадра может быть также распечатана на устройстве печати. Рассматриваемые кадры могут содержать числовые таблицы и диаграммы-графики. Благодаря специальным процедурам масштабирования «графиков», дискретный характер поля экрана символьного дисплея по существу не снижает ни изобразительных возможностей, ни точности представления данных,

Спектры на «графиках» отображаются в логарифмическом масштабе по оси ординат, с дискретностью 1,5 децибел, относительно определенного фиксированного уровня, который обозначается на приводимых ниже рисунках значком «=»; положение этого уровня выбирается автоматически в соответствии с масштабом.

Предусмотрены следующие варианты выходных кадров:

- спектр мощности по указанному каналу;
- амплитудный спектр когерентности по указанной паре каналов;
- фазовый спектр когерентности;
- сводная (интегральная) таблица обобщенных характеристик ЭЭГ;
- гистограммы пульса.

Любой из этих кадров может быть заказан исследователем (оператором). При этом обеспечивается синхронизация с действиями оператора, т. е. на фоне продолжающегося мониторинга на экран выдаются картинки, привязанные к моменту времени, который заинтересовал оператора.

В качестве примера на рис. 2 показаны мониторные диаграммы спектров и модулей когерентностей; попутно можно увидеть, как в этих диаграммах дифференцируются состояния бодрствования и дремоты у здорового испытуемого,

В отсутствие каких-либо действий оператора система постоянно выдает так называемый регулярный кадр (рис. 3), в котором в сжатой форме представлена динамика спектров и когерентностей в каждом из пяти физиологических диапазонов за последние 15 мин мониторинга. Каждая строка содержит информацию о состоянии мозга за 1 мин наблюдения. Каждую минуту содержимое экрана монитора сдвигается вверх на одну строку; верхняя строка с экрана исчезает, а нижняя заполняется результатами расчетов за последнюю минуту.

Необходимость разместить большой объем информации в одной строке — диктует довольно сложную форму представления данных в регулярном кадре. Впрочем, к ней легко привыкнуть; при беглом взгляде на экран не столь важно знать точные значения, стоящие за «значками», — достаточно знать, что большему значению отвечает более «жирный» значок. Кроме того, важен сам факт относительной стабильности или изменения состояния. Так, рис. 3 отражает 15-минутный интервал, в котором зафиксирован переход из состояния бодрствования в состояние дремоты (той же испытуемой, спектры которой показаны на рис. 2). Видно, что в момент, указанный стрелкой,

произошло системное изменение состояния: в частности, максимумы спектров переместились из α - в δ -диапазон.

Особенности программы. В связи с жесткими требованиями к памяти и особенно к быстрдействию для проработки была разработана автономная программа, не связанная с стандартными операционными системами, которая содержит собственные средства ввода-вывода информации, организации вычислений, обеспечения диалога с исследователем.

Программа разработана на макроассемблере в инструментальной операционной системе ДОС СМ. Готовая к исполнению программа (загрузочный модуль) выводилась из инструментальной ЭВМ СМ-4 в формате абсолютного загрузчика на перфолену, для ввода в микроЭВМ «Электроника 60М». С учетом минимальных различий в системах команд обеих ЭВМ, всюду использовались только те команды, которые одинаково интерпретируются в обеих ЭВМ.

Программа построена с учетом ее исполнения из ПЗУ монитора, т. е. ее динамически изменяемые ячейки пространственно отменены от неизменяемых (команд и констант). При этом для ПЗУ отведены адреса в диапазоне 00000...117776, для ОЗУ — 0...57776. Оперативная память в свою

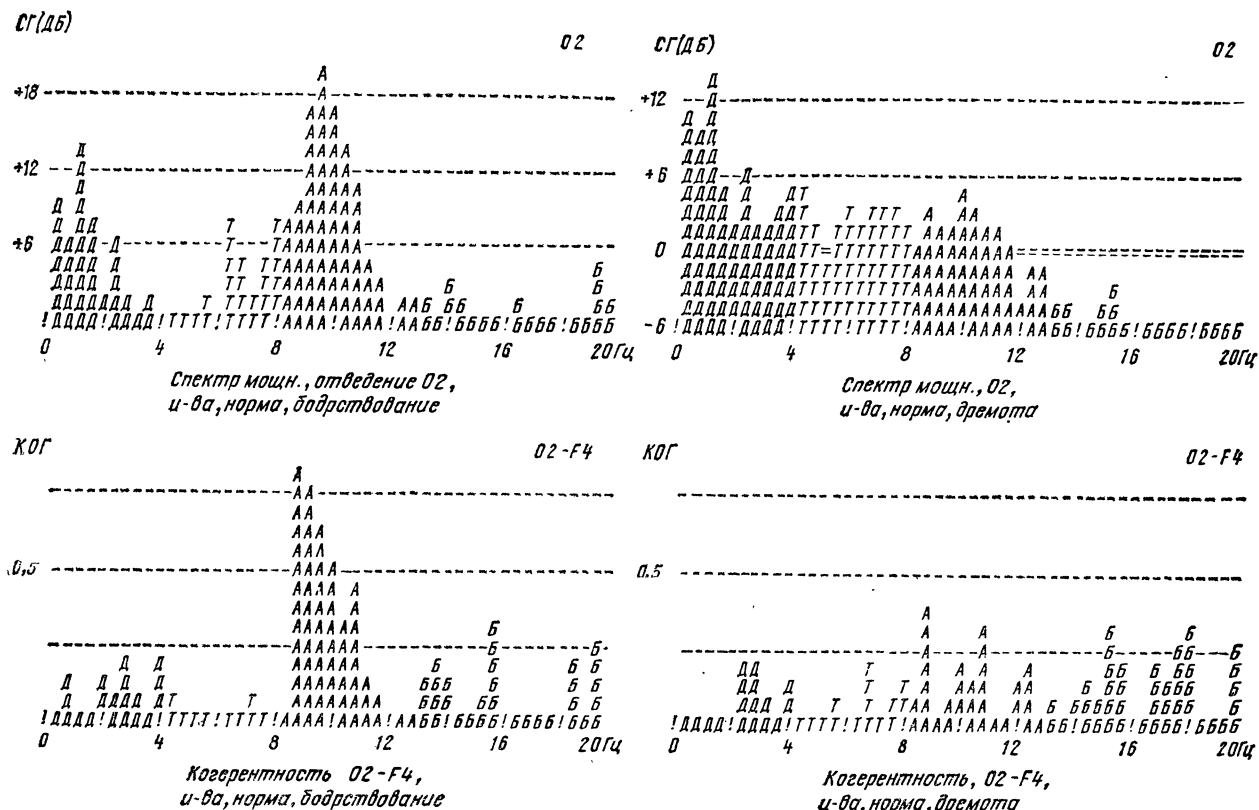


Рис. 2. Мониторные диаграммы спектров мощности и модуля когерентностей

S1	S2	S3	S4	K12	K13	K24	K34 Пульс	
+ - = # . 9	* + # . 7	# = * . 8	+ = # - 8	* - - - -	- . . + .	* * * + =	= - = - =	75
* - - # . 9	* * * # . 7	# * * * . 8	* = + # . 8	= - - + -	* # * * -	= * * - =	73
* - = # . 9	* * * # . 7	# = * . 8	* + + # . 9	+ - - . .	- . . + .	* * * # =	- + + = =	72
+ - = # . 9	* = * # . 7	# = * . 8	* + + # - 9	+ - - . .	- . . + -	* * * * -	= + = = =	75
* - = # . 9	* = * # . 7	# = + * . 8	+ = + # . 9	* - - . .	= - - + -	* * * * =	= + + = =	72
+ - = # . 9	* * * # . 7	# = + * . 8	+ + + # - 8	+ = + - -	. - - + .	# * * # =	+ * * = =	71
* = # . 9	# + + * . 7	# + + * . 8	* * * # - 8	+ - - + .	# * # # =	+ # + - =	70
* - = # . 9	* = + # . 7	# = * . 8	* = + # . 8	* - - + .	# * # * =	= + = = =	71
+ - = # . 9	* = + # . 7	# + + * . 8	* = + # . 8	+ - - . .	- . . + -	# # # * +	= + + - =	73
+ - = # . 9	* = + # . 7	* + + # . 8	* = + # . 8	+ - - . .	- . . + -	* * * * -	= - + = =	70
# + + * . 9	# + + * . 7	# + + + . 7	# * * * . 8	+ - - . .	. - . = .	# * # * -	= * + - =	70
# + + * . 8	# + + * . 7	# + + + . 8	# + + * . 8	+ - - = =	# + + * =	= + - - =	69
# + + * . 9	# + + * . 7	# + + + . 7	# + + * . 8	+ - - = =	# # # # =	+ + + - =	70
# = + * . 9	# * * * . 7	# + + + . 8	# + + * . 8	+ - - = =	- . . = -	# # # * +	+ + + = =	71
# + + * . 9	# + = . 7	# + - . 8	# + = . 8	+ - - = =	- . . = .	# # # + -	+ * + - =	71

Суммарный спектр мощности в отведении

Распределение спектральной мощности по диапазонам

Средние уровни когерентностей по диапазонам

Бодрствование
Дремота

Условные обозначения

Распределитель спектральной мощности по диапазонам	Соответствующий символ
Максимальное (M)	#
1/2 M < S < M	*
1/4 M < S < 1/2 M	+
1/8 M < S < 1/4 M	=
1/16 M < S < 1/8 M	-
S < 1/16 M	.

Суммарная мощность спектра (мкВ кв)	Соответствующий символ
S < 16	0
16 <= S < 32	1
32 <= S < 64	2
64 <= S < 128	3
128 <= S < 256	4
256 <= S < 512	5
512 <= S < 1024	6
1024 <= S < 2048	7
2048 <= S < 4096	8
S >= 4096	9

Средние уровни когерентностей	Символ в рез. кадре
K >= 0.8	ш
0.7 <= K < 0.8	ж
0.6 <= K < 0.7	н
0.5 <= K < 0.6	п
0.4 <= K < 0.5	а
0.3 <= K < 0.4	+
0.2 <= K < 0.3	=
0.1 <= K < 0.2	-
K < 0.1	.

Рис. 3. Регулярный кадр монитора: изменение паттернов БЭА мозга при переходе от нормального бодрствования к дремоте (в нижних пяти строках спектральные распределения S1, S2, S4 имеют выраженные отличия от верхних 10 строк)

очередь делится на «глобальную зону» (30000...57776) и зону локальных переменных, стека и векторов прерывания. В программе реализована такая система распределения памяти, которая формирует область локальных переменных и параметров

для каждой подпрограммы динамически — в стеке. Благодаря этому достигается не только экономия памяти, но и обеспечивается возможность рекурсивного обращения к подпрограммам.

Определенную сложность для «внесистемных» программ всегда представляют вопросы форматного ввода-вывода. Применение известных универсальных программных решений типа фортрановских операторов FORMAT в данном случае по очевидным причинам неприемлемо; с другой стороны, имея в виду сложность и разнообразие выходных кадров монитора, нельзя надеяться, что удастся справиться с задачей форматного вывода совсем простыми средствами, непосредственным программированием. При разработке программы монитора, с учетом будущих аналогичных проектов, была избрана некоторая полууниверсальная система форматного вывода, ориентированная на выводной кадр как единицу вывода.

Основные вычисления выполняются асинхронно на фоне ввода новых данных. Единственное требование, которое должно выполняться, — ввод очередной эпохи ЭЭГ (2,56 с) не начинается до того, как освободятся соответствующие буферы (что в свою очередь определяется окончанием расчетов по предшествующим эпохам). Фактически в варианте системы на ЭВМ СМ-4 обработка данных осуществляется без «пауз», т. е. к моменту окончания ввода очередной эпохи все расчеты по предшествующим эпохам успевают закончиться. В основном варианте монитора из-за невысокого быстродействия процессора микроЭВМ «Электроника 60М» около 30 % реального времени процесса уходит на паузы, когда исходная информация пропадает, в боль-

шинстве случаев это малосущественно; замена процессора на выпускаемые более современные аналоги (с той же системой команд) должна устранить этот эффект.

Ввод данных и диспетчерская часть программы запускается сигналом прерывания от таймера (100 Гц).

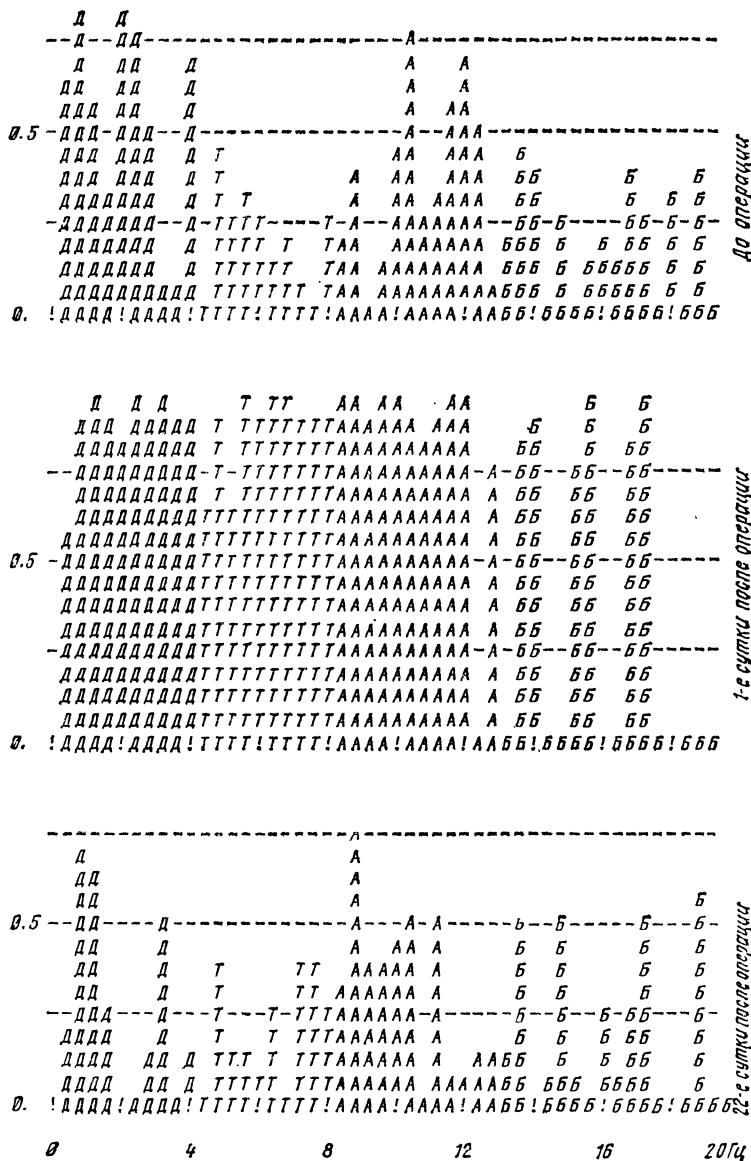
Все программы по срочности их завершения разбиты на четыре уровня: непрерываемые программы (основная часть диспетчера), короткие программы, длинные программы; программы уровня «ожидание». К коротким программам относятся подпрограммы исполнения команд оператора, а также подпрограммы информационной развязки буферов ввода-вывода; к длинным — все основные расчеты. В начале коротких, длинных программ и «ожидания» устанавливается разрешение прерывания процессора. Прерванная программа более низкого приоритета может продолжить работу лишь после того, как будут удовлетворены все «заявки» на задачи более высокого приоритета.

Применение монитора. Прибор эксплуатируется с 1984 года. За это время на нем проведено более 1000 исследований. Некоторые результаты приведены в [9].

На рис. 4 демонстрируются его диагностические возможности при анализе послеоперационных состояний. Особое значение имеет резкий подъем уровня когерентностей между центральными отведениями на первые сутки после операции на диэнцефальной области, что считается прогнозом благоприятного исхода.

2. Системы выделения и обработки вызванных корковых биопотенциалов

Вызванные потенциалы (ВП) представляют собой комплекс колебаний, регистрируемых на поверхности головы в ответ на подаваемый стимул



до операции
1-е сутки после операции

Рис. 4. Изменение спектра амплитуды когерентностей между центральными отведениями биопотенциала в результате нейрохирургической операции на диэнцефальной области:

в первые сутки после операции сильный очаг раздражения (операционная рана) синхронизует биопотенциалы в симметричных отведениях в широкой полосе частот

(вспышка света, звуковой сигнал и др.). ВЦ, наряду со спонтанной ЭЭГ, являются одним из инструментов исследования головного мозга [10, 11].

Уровень сигнала ВП значительно ниже, чем уровень спонтанной ЭЭГ, на фоне которой он возникает, поэтому для выделения ВП используют методику синхронного (когерентного) накопления, позволяющую повысить отношение сигнала (ВП) к шуму (спонтанная ЭЭГ).

Существуют определенные трудности в трактовке ВП, поэтому вопро-

сы их генеза до сих пор активно обсуждаются в литературе. Основными областями приложения методики ВП в клинике в настоящее время являются: тестирование сенсорных функций, оценка деструктивных изменений, исследование механизмов сна, наркоза и бодрствования и др.

В зависимости от поставленной задачи проводятся исследования ВП при различных условиях стимуляции, регистрации и накопления (выделения) ответов. Частота подачи стимулов обычно варьируется от 1 до 5 с (длиннолатентные ВП),

Описываемая ниже система позволяет выделять ВП с амплитудой в 5...50 раз меньшей, чем фоновая ЭЭГ, и в той же полосе частот.

Описание комплекса. Разработанный комплекс является, по существу, двухканальным нейроусреднителем для длиннolatентных ВП, имеющий дополнительно средства для создания архива выделенных кривых на гибких магнитных дисках и открытый для введения различных процедур анализа ВП (рис. 5). Основу комплекса составляет микроЭВМ «Искра 226.6». Для обеспечения необходимого быстродействия основная часть программы выполнена как тело оператора GIO'.

Условия и темп регистрации требуют специального режима работы аналого-цифрового преобразователя (АЦП БИФ14). В данной установке для организации ввода данных производится чередование основных режимов работы АЦП (ждущего и циклического переключения каналов). Ждущий режим используется для синхронизации процесса ввода данных с подачей стимула-вспышки света, короткого звукового сигнала и др. В момент подачи стимула должен начинаться ввод данных, отра-

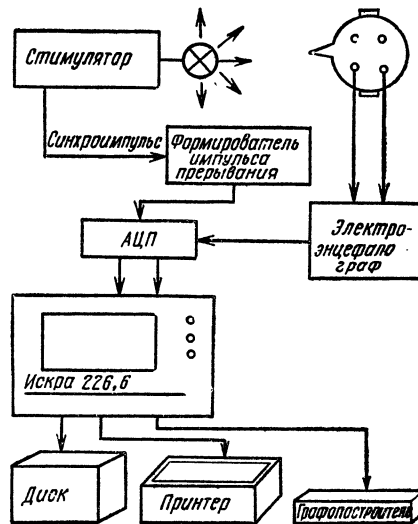


Рис. 5. Структурная схема комплекса для выделения длиннolatентных вызванных потенциалов мозга

жающих реакцию мозга на стимул; для выделения ВП требуется несколько десятков стимулирующих сигналов и когерентное накопление регистрируемых биоэлектрических процессов; при этом высокоамплитудная фоновая спонтанная биоэлектрическая активность оказывается в случайных фазах относительно стимула, и потому при суммировании подавляется, а полезный сигнал (синфазный с стимулом) выделяется.

Импульс от стимулятора (синхрон-

ный с подачей стимула) подается на запускающий вход АЦП. Для согласования условий на характеристики запускающего сигнала служит специальный формиратор. Значение измеренного в этот момент сигнала не вводится — имеет значение сам факт запуска, по которому производится переключение АЦП в режим циклического опроса каналов входа. Данные, вводимые в режиме циклического опроса каналов, накапливаются в буфере. Для обеспечения нужного интервала квантования сигналов используется программная задержка, настроенная таким образом, чтобы обеспечить скважность 10 мс. Поочередно опрашиваются каналы АЦП, после чего программа переходит на задержку, затем вновь на опрос каналов и т. д. до полного заполнения буфера. Далее АЦП вновь переводится в ждущий режим и ожидает подачи очередного стимула.

Время между соседними стимулами может либо устанавливаться на стимуляторе постоянным (автоматический режим), либо задаваться исследователем случайным образом вручную. Разумеется, необходимо, чтобы межстимульный интервал превышал эпоху развертывания ответной реакции.

Необходимо отметить, что для выделения слабых сигналов на фоне сильных оказалось существенным взаимное влияние каналов АЦП при быстром (циклическом) переключении каналов. Причем взаимная наводка оказалась существенной не только между соседними каналами, но и через несколько каналов. Влияние первого канала, как удалось показать, удовлетворительно подавляется лишь на восьмом канале (что соответствует паспортным характеристикам АЦП); именно поэтому пер-

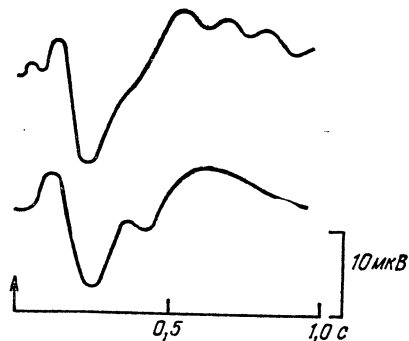


Рис. 6. Общий вид вызванных потенциалов в затылочном и центральном отведениях в ответ на фотостимуляцию (вызванный потенциал на свет, вспышка 0,5 Дж)

вому и второму каналам комплекса соответствуют первый и восьмой каналы АЦП.

В качестве примера на рис. 6 приводятся кривые типовых ВП на фотостимуляцию, относящихся к норме. Структура максимумов и минимумов выделенных кривых, их относительные значения и временные задержки, а также характер асимметрии для пары симметричных отведений — по мнению исследователей отражают функциональное состояние и степень сохранности различных отделов головного мозга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тематический выпуск «Реконструктивная вычислительная томография» // ТИИЭР.—1983. — Т. 71, № 3.
2. Прайор П. Ф. Мониторный

контроль функции мозга: Пер. с англ.—М.: Медицина, 1982.

3. Etherington N., Lion D., Watkins C. EEG Monitoring With Power Spectral Density Band Analysis // EEG & Clinical Neurophysiology. — 1985. — Vol. 61, № 3.— P. 253.
4. Bricolo A. Electrophysiological Monitoring in the Intensive Care Unit.— Там же.— P. 10.
5. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов: Пер. с англ.—М.: Мир, 1974.
6. Гриндель О. М. и др. Межцентральные отношения в коре больших полушарий мозга человека по данным спектра когерентностей и фазового спектра ЭЭГ // Журн. Выш. нервн. деят-льн.— 1973.— Т. 23, № 4.— С. 771—781.
7. Биопотенциалы мозга человека / В. С. Рушинов, О. М. Гриндель, Г. Н. Болдырева и др.—М.: Медицина, 1987.
8. Гриндель О. М. Оптимальный уровень когерентностей ЭЭГ в оценке функционального состояния мозга человека // Журн. Выш. нервн. деят-льн.— 1980.— Т. 30, № 1.— С. 62—70.
9. Динамика спектрально-когерентных характеристик ЭЭГ человека в норме и при патологии мозга / С. М. Бородин, О. М. Гриндель, Г. Н. Болдырева и др. // Журн. Выш. нервн. деят-льн.— 1987.— Т. 37, № 2.
10. Рутман Э. М. Вызванные потенциалы в психологии и психофизиологии.— М.: Наука, 1979.
11. Базылевич Т. Ф. Моторные вызванные потенциалы в дифференциальной психофизиологии.— М.: Наука, 1983.

Статья поступила 9 марта 1986 г.

УДК 612.822.3

Ю. Н. Шварев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭВМ

«ИСКРА 226.6» В

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКОМ ЭКСПЕРИМЕНТЕ

На основе персональной ЭВМ «Искра 226.6» собрана установка для долговременной регистрации параметров спонтанной электрической активности мозга и выделения вызванных потенциалов (ВП). Установка дополняется регистрирующей аппаратурой и стимулирующими устройствами.

Программное обеспечение установки состоит из нескольких специфических программ связи с АЦП и ЦАП, написанных в системе инструкций центрального процессора, которые в Бейсик-системе комбинируются и дополняются в зависимости от требований конкретного эксперимента.

В общем случае эксперимент может выполняться в следующем порядке. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) после аналоговой фильтрации и без фильтрации подается на входы АЦП. Затем спектральные компоненты ЭЭГ интегрируются параллельно по нескольким каналам и

значения спектральной плотности по каждому каналу отображаются в виде графиков на дисплее ПЭВМ. Предусмотрен режим запоминания ЭЭГ в цифровом виде с заданной дискретой и длительностью реализации (минимальная дискрета равна 50 мкс). Оператор в любой момент может прервать программу интегрирования или выполнение других текущих программ и перейти к накоплению ВП с заданными характеристиками. В этом случае ПЭВМ через ЦАП формирует импульс для запуска стимулирующих устройств и реализует программу накопления ВП.

Время выполнения программы накопления ВП равно эпохе анализа ЭЭГ и определяется дискретой выборки сигнала и числом дискрет. Можно организовать одновременное накопление нескольких независимых ВП, сохраняя их в памяти ПЭВМ и осуществить интерактивную обработку как плотности спектров и выделенных ВП, так и единичных реализаций опроса ЭЭГ. После окончания эксперимента данные выводятся по необходимости на дисплей, графопостроитель, цифронпечат или гибкий диск.

За справками обращаться по адресу: 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 10, Институт цитологии и генетики СО АН СССР, лаборатория фенотипики поведения. Тел. 35-47-53.

Сообщение поступило 28 января 1987 г.

УДК 681.325

А. П. Дианов, Н. Н. Шелкунов

МАЛОГАБАРИТНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ ДЛЯ МИКРОСИСТЕМ

(Продолжение цикла.
Начало см. в №№ 5, 6 за 1986 г., №№ 1, 2 за 1987 г.)

Успехи современной микроэлектроники позволяют создавать достаточно компактные и дешевые микросистемы (МС) различного назначения. В составе этих устройств прикладные изделия [1, 2] и инструментальные средства для их проектирования [3—6]. В связи с этим актуальна задача разработки небольших по объему, но мощных по нагрузочным характеристикам источников питания (ИП), обеспечивающих надежную эксплуатацию прикладных и инструментальных микросистем.

Повышение рабочей частоты импульсных источников питания позволяет увеличить КПД и удельную мощность, т. е. мощность, приходящуюся на единицу объема источника. Уменьшение числа компонентов за счет перехода на специализированные микросхемы существенно повышают надежность ИП. Так, применение толстопленочной гибридной схемы управления собственной разработки, заменяющей 165 дискретных компонентов, позволило фирме Power One Inc. (США) выпустить серию SPL150 компактных ИП с габаритами $203 \times 102 \times 53$ мм [7]. Эти работающие от промышленной сети источники имеют номинальную мощность 150 Вт и снабжены четырьмя выходами со стандартными напряжениями питания.

Типовые источники отечественного производства данного класса, использующие стандартную элементную базу (блок питания БПС6-1 микроЭВМ «Электроника 60» [8] и блок БПТ-201М алфавитно-цифрового дисплея ВТА-2000 [9]), имеют низкую надежность работы. Большие габариты $95 \times 176 \times 392$ мм, $221 \times 260 \times 196$ мм и достаточно высокую массу 7,7 кг, 3,2 кг соответственно. Отсутствие легко доступных конкурирующих изделий ставит перед разработчиками МС задачу проектирования ИП, которая требует детального знакомства с особенностями магнитных компонентов, силовыми полупроводниковыми приборами, методами построения управляемых схем с обратными связями.

Большинство микросистем [1, 2] использует не более четырех напряжений питания. Как правило, это ± 5 В и ± 12 В. Токи потребления для выходов -5 В и -12 В обычно не превышают сотен миллиампер, для выхода 12 В — порядка 1 А. Значительная часть выходной мощности ИП потребляется по выходу 5 В. Нестабильность выходных напряжений не должна превышать нескольких процентов. В ряде систем требуется определенная последовательность подачи и снятия напряжений при включении-выключении сети или коротком замыкании на одном из выходов ИП.

Предлагаются два новых малогабаритных источника питания мМС9003 (рис. 1) и мМС9004, мощностью 80 Вт каждый. Для получения стабилизированных напряжений 5 В (8 А), 12 В (1 А), -12 В (1 А), -5 В (0,5 А) используются постоянные напряжения $+E$, $+E_p$, $-E_p$, которые получаются на выходах выпрямителей VD27 ... VD32 и фильтров C1 ... C3. Напряжение E через плавкий предохранитель Пр (4 А) поступает на импульсный стабилизатор напряжения 5 В.

В качестве понижающего силового трансформатора применен накальный трансформатор ТН 60, у которого вторичные обмотки соединены последовательно. В этом случае $E = +E_p = 18$ В, $-E_p = -18$ В.

Питающие напряжения $\pm E_p$ используются для получения стабилизированных напряжений -5 В, 12 В, -12 В с помощью усилителей постоянного тока (УПТ), реализованных на операционных усилителях DA1 ... DA3 и выходных транзисторах VT7 ... VT9. Входным для источника -5 В (DA1, VT7) является опорное напряжение на стабилизаторе VD26, ток через который задается источником тока на транзисторе VT6. С выходной клеммы напряжение -5 В поступает на вход стабилизатора 12 В (DA2, VT8). Аналогичным образом формируется напряжение -12 В (DA3, VT9). Величины выходных напряжений устанавливаются подбором резисторов R2, R5, R8. Операционные усилители DA1 ... DA3 имеют защиту выхода от короткого замыкания и обеспечивают максимальную величину тока нагрузки 20 мА. Подбором резисторов R3, R6, R9 можно обеспечить допустимую величину тока короткого замыкания УПТ.

Напряжение с выхода стабилизатора 12 В используется для формирования опорного напряжения импульсного стабилизатора 5 В. Опорное напряжение получается на стабилизаторе VD23.

Описанная структура подключения источников позволяет просто сформировать последовательность включения напряжений; короткое замыкание на выходе какого-либо источника отключает следующий в цепочке стабилизаторов; пропадание напряжения -5 В вызывает выключение всех напряжений ИП. Требования на защиту такого рода возникают при использовании микросхем типа КР580ВМ80, К565PV3.

Разработчику микросистем в процессе отладки изделий часто приходится выключать и включать питание, поэтому в ИП предусмотрена схема электронного включения-выключения стабилизированных напряжений, которая содержит RS-триггер на микросхемах DD1.2, DD1.1 и транзистор VT4. Напряжение питания подается на микросхему DD1 со стабилизатора VD25. При подключении ИП к силовой сети 220 В, благодаря начальному нулевому заряду на конденсаторе C6, RS-триггер устанавливается в состояние «Выключено». На выходе DD1.1 присутствует уровень «Лог. 1», который открывает транзистор VT4. При этом на вход УПТ (DA1) подается практически нулевое опорное напряжение. Замыкание кнопки «Вкл» перебросит триггер и закроет транзистор VT4. Использование электронного включения-выключения напряжений практически исключает помехи, связанные с подключением к сети трансформатора и зарядом конденсаторов фильтров C1 ... C3, так как при выключении стабилизированных напряжений в процессе отладки изделий нет необходимости отключать ИП от сети.

Импульсный стабилизатор напряжения 5 В содержит: силовой ключ на транзисторах VT5, VT1, VT3; LC — фильтр, образованный накопительным дросселем Др2, высокочастотным дросселем Др3 и конденсаторами C7, C10; диоды рекуперации VD1 ... VD20, через которые

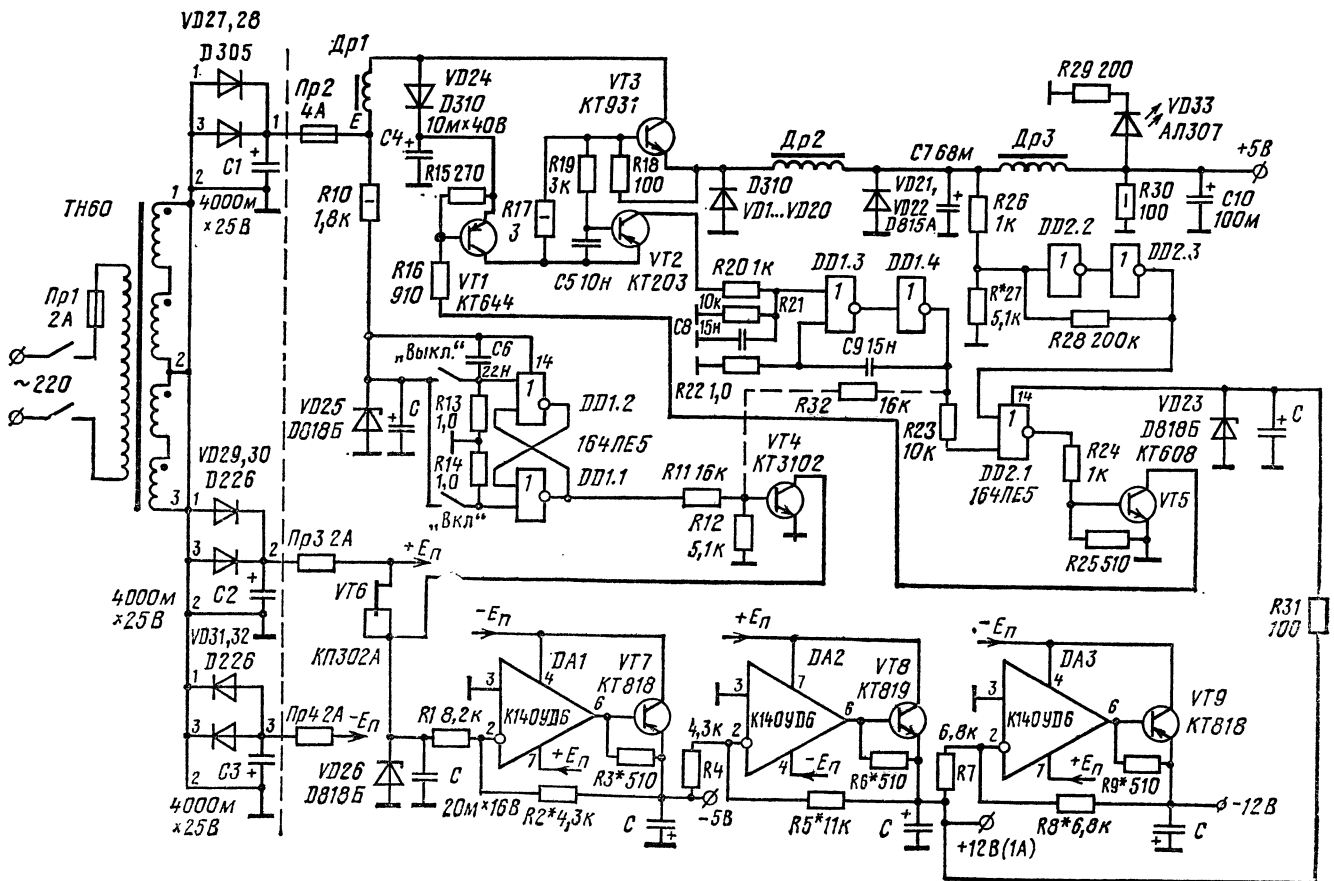


Рис. 1. Схема источника ММС 9003

протекает ток накопительного дросселя при закрытом транзисторе VT3; сравнивающее устройство на микросхеме DD2 с источником опорного напряжения на стабилитроне VD23.

Опорное напряжение V , которое подается на вывод питания микросхемы DD2, устанавливается на несколько миллисекунд, что обеспечивает плавное включение стабилизатора. Как показал опыт работы, порог переключения микросхемы DD2 практически зависит только от напряжения питания и приблизительно равен $V/2$.

При значении выходного напряжения стабилизатора ниже 5 В напряжение на входе DD2.2 становится ниже порога переключения триггера Шмидта. Напряжение на выходе DD2.3 становится равным 0, что, при отсутствии перегрузки (выход DD1.4 равен 0) приводит к открыванию силового ключа. Увеличивается ток через накопительный дроссель Dr2 — растет напряжение на нагрузке. При его увеличении более 5 В транзистор VT3 запирается. Величина выходного напряжения устанавливается резистором R27.

Дроссель Dr1 в импульсном стабилизаторе играет двойную роль: ограничивает сквозной ток через транзистор VT3 и диоды VD1...VD20, возникающий в момент открывания VT3;

использует накопленную энергию для формирования напряжения вольтодобавки на конденсаторе C4, что позволяет лучше открывать силовой транзистор VT3.

Защита выхода от перенапряжения реализована на двух мощных стабилитронах VD21, VD22. При повышении напряжения до 6 В происходит открывание стабилитронов и срабатывание защиты по выходному току. В случае пробоя силового транзистора VT3 перегорает плавкий предохранитель Pr2.

Цепь защиты от короткого замыкания содержит транзистор VT2 и ждущий мультивибратор DD1.3, DD1.4. При наличии перегрузки открывается транзистор VT2 и запускается ждущий мультивибратор, который закрывает по цепи DD2.1, VT5, VT1 силовой транзистор VT3. Длительность импульса определяется цепочкой R22, C9; по окончании устраняется блокировка цепи обратной связи от триггера Шмидта DD2.2, DD2.3 и происходит запуск стабилизатора. Однако в этом случае опорное напряжение уже подано на четырнадцатый вывод микросхемы. Поэтому в процессе включения возникает перегрузка по току, запускается мультивибратор и процесс повторяется. При этом дроссель Dr2 издает низкочастотные звуки, оповещающая о наличии перегрузки. Чувствительность срабатывания схемы защиты можно регулировать резистором, включаемым между базой и эмиттером транзистора VT2.

В случае подключения резистора R32 при перегрузке стабилизатора 5 В будут выключаться все напряжения ИП. После окончания импульса мультивибратора будет происходить процесс плавного включения ИП, эквивалентный нажатию кнопки «Вкл».

Источник ММС 9003 реализован в виде отдельного прибора с размерами корпуса $120 \times 130 \times 260$ мм. Пример использования источника в программаторе ПЗУ ММС 0602 описан в [1]. Значительная часть массы и объема ИП определяется силовым трансформатором и конденсаторами фильтра C1...C3. Такие размеры не удовлетворяют требованиям при создании компактных переносных систем, поэтому был разработан вариант ИП, в котором высоковольтная часть схемы ИП, отмеченная на рис. 1 штрихом, заменена новым преобразователем напряжения (рис. 2); схема получила индекс ММС 9004. Для получения постоянного напряже-

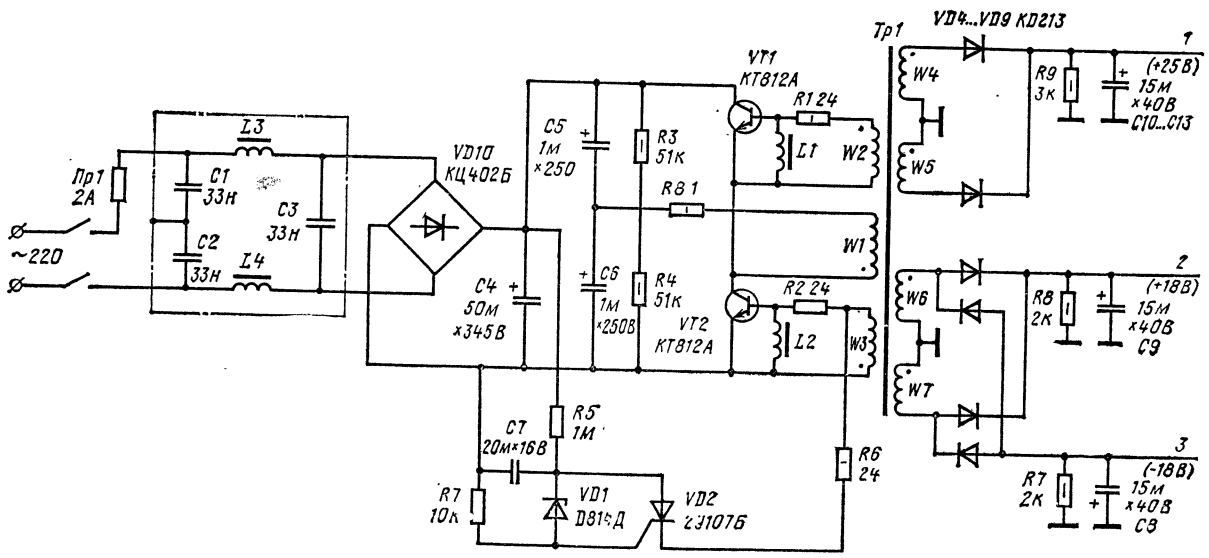


Рис. 2. Схема преобразования напряжения ИП мМС 9004

ния 300 В служит выпрямитель VD10 и фильтр С4. Небольшая емкость конденсатора С4 позволяет не использовать схемы для ограничения зарядного тока. Сетевой фильтр С1...С3, L3, L4 служит для уменьшения помех в цепях питания.

Основным узлом преобразователя является инвертор, который предназначен для преобразования выпрямленного напряжения сети в переменное напряжение прямоугольной формы. Инвертор — это релаксационный автогенератор мостового типа. Две стороны моста образованы транзисторами VT1, VT2, работающими в ключевом режиме, а две другие стороны — конденсаторами С5, С6, зашунтированными резисторами R3, R4, которые обеспечивают равенство напряжений на конденсаторах в

момент запуска инвертора. К эмиттерным переходам транзисторов VT1, VT2 через токоограничительные резисторы R1, R2 подсоединены обмотки положительной обратной связи.

Частотозадающими элементами инвертора являются дроссели L1 и L2, время перемagnetивания которых меньше времени перемagnetивания сердечника Tr1, поэтому трансформатор работает в линейном режиме. Устранение асимметрии в работе плеч инвертора производится индуктивностями L1, L2. Для этого наблюдают осциллограмму напряжения на резисторе R8, когда инвертор работает под нагрузкой. Подбором числа витков L1 или L2 устраняется одностороннее насыщение сердечника трансформатора.

Данные индуктивностей

Обозначение	Сердечник	Число витков	Провод	Примечание
Tr1	3 кольца M2000 HM1-1706 Ø30×7 мм	W1=100 W2=3 W3=3 W4=13 W5=13 W6=17 W7=17	ПЭЛШО 0,36 ПЭЛШО 0,36 ПЭЛШО 0,36 ПЭВ 0,5 ПЭВ 0,5 ПЭВ 0,5 ПЭВ 0,5	
L1, L2	Кольцо M600 Ø6×1 мм	W=10	ПЭЛШО 0,36	L=20 мкГ
L3, L4	DM-0,2			L=200 мкГ
Dr1	M20 BЧ2-1 Ø 20×5 мм	W=3	ПЭЛШО 10	L=0,5 мкГ
Dr2	1/2 СБ 48	W=20	ПЭВ 1,5	Керн 2 кольца M 2000 HM1-1700
Dr3	Кольцо M1000 HM Ø20×6 мм	W=6	ПЭВ 1,0	L=20 мкГ

Узел запуска предназначен для пуска инвертора; содержит цепочку R5, C7, стабилитрон VD1 и тиристор VD2. При включении в сеть напряжение начинает возрастать и за 1 с достигает напряжения пробоя стабилитрона. При этом открывается тиристор и возникает короткий импульс тока, обусловленный зарядом конденсатора C7, который открывает транзистор VT2 и обеспечивает запуск инвертора. На дальнейшую работу узел запуска влияния не оказывает, так как тиристор открывается на каждый период колебания, что исключает повторное появление положительного заряда на конденсаторе C7.

Выпрямители вторичных постоянных напряжений выполнены на диодах VD4...VD9 и емкостных фильтрах C8...C13. Для уменьшения паразитных выбросов при включении инвертора без нагрузки подключены резисторы R7...R9. Напряжения подаются на стабилизаторы с выходов выпрямителей (рис. 1). Амплитуда 100-герцовых пульсаций напряжения на входах уменьшается, так как эквивалентная емкость фильтра на выходах выпрямителей в данном случае больше, чем C1...C3. Например, для выхода +Eп = 18 В эквивалентная емкость фильтра составляет около 12 000 мкФ, что позволяет повысить ток нагрузки для выходов стабилизаторов ±12 В. В таблице приведены данные трансформатора и дросселей, используемых в схеме ИП.

Описанный источник питания мМС 9004 реализован в виде отдельного модуля, монтируется на стандартной печатной плате 240×135 мм и закрывается сетчатым кожухом с габаритами 200×120×27 мм. На переднем крае платы выведены индикатор VD33 и кнопки «Вкл», «Выкл». Сетевой выключатель рекомендуется устанавливать на заднем крае платы. Жесткая компоновка источника с объединительной панелью мМС 9503 на 8 мест

позволяет создать компактное шасси для сборки микропроцессорных систем и комплексов различного типа.

Справки по телефону: 408-62-44 (Москва).

ЛИТЕРАТУРА

1. Щелкунов Н. Н., Дианов А. П. Универсальный одноплатный микроконтроллер // Микропроцессорные средства и системы.—1986.— № 5.— С. 65—69.
2. Щелкунов Н. Н., Дианов А. П. Одноплатный 16-разрядный микроконтроллер общего назначения // Микропроцессорные средства и системы.—1987.— № 1.— С. 77—82.
3. Дианов А. П., Щелкунов Н. Н. Модуль программирования микросхем ПЗУ // Микропроцессорные средства и системы.—1985.— № 3.— С. 80—83.
4. Дианов А. П., Щелкунов Н. Н. Технические средства программирования логических схем // Микропроцессорные средства и системы.—1986.— № 2.— С. 77—80.
5. Щелкунов Н. Н., Дианов А. П. Техника программирования 8-разрядных микроконтроллеров // Микропроцессорные средства и системы.—1986.— № 6.— С. 23—28.
6. Щелкунов Н. Н., Дианов А. П. Техника программирования 16-разрядных микроконтроллеров // Микропроцессорные средства и системы.—1987.— № 2.
7. Импульсные источники питания // Электроника.— 1986.— № 2.— С. 99—104.
8. Блок питания стабилизированный БПС6-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.
9. Блок питания БПТ-201М. Техническое описание и инструкция по эксплуатации.

Статья поступила 11 сентября 1986 г.

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

От редакции. В № 3 за 1985 г. наш журнал поместил описание Е-практикума — программного обеспечения школьного курса информатики и вычислительной техники для ряда семейств мини- и микроЭВМ.

В многочисленных письмах-откликах на цикл «Как учить программированию?» наши читатели спрашивают: «Существует ли версия Е-практикума для ЕС ЭВМ?». Публикуем краткое сообщение на эту тему.

М. А. Исаев

Е-ПРАКТИКУМ ДЛЯ ЕС ЭВМ

В НИВЦ АН СССР разработана версия программного обеспечения школьного курса информатики — Е-практикума [1] — для ЕС ЭВМ. Обеспечивается поддержка языка в объеме учебников для 9-х и 10-х классов [2, 3]. Разработка выполнена под руководством доцента механико-математического факультета МГУ А. Г. Кушниренко.

В основу данной разработки положена новая по сравнению с описанной в [1] версия Е-практикума, созданная на механико-математическом факультете МГУ в 1986 г. Эта версия, которая получила название Е86, написана на языке Си и работает на нескольких типах отечественных и зарубежных мини- и микроЭВМ. Была обеспечена тождественность входных языков Е-практикума-ЕС и Е86. Общий порядок работы с терминалом практически сохранен.

Е-практикум-ЕС работает в операционных системах ПДО СМВ ЕС (аналог CMS VM/370) и ОС ЕС с дис-

плеями ЕС-7920. На ЭВМ серии Ряд-1 работа возможна только в ОС ЕС. В этом случае требуется 160К байт оперативной памяти под ядро системы и по 20К байт на каждого пользователя (при объеме ученической программы до 50 строк). При работе в СВМ на ЭВМ серии Ряд-2 Е-практикум может быть запущен на любой виртуальной машине, функционирующей под управлением ПДО.

В настоящее время идет разработка версии Е-практикума, предназначенной для интеллектуальных терминалов ЕС-7970.

С декабря 1986 г. Е-практикум-ЕС находится в опытной эксплуатации. С февраля 1987 г. эта программа будет распространяться через фонд алгоритмов и программ НИВЦ АН СССР. По вопросам получения Е-практикума для ЕС следует обращаться по адресу: 142292, г. Пушкино, Моск. обл., НИВЦ АН СССР, Фонд алгоритмов и программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варсановьев Д. В., Кушниренко А. Г., Лебедев Г. В. Е-практикум — программное обеспечение школьного курса информатики и вычислительной техники // Микропроцессорные средства и системы.— 1985.— № 3.— С. 27—32.
2. Ершов А. П. и др. Основы информатики и вычислительной техники: Пробное учебное пособие для 9-го класса средней школы.— М.: Просвещение, 1985.
3. Ершов А. П. и др. Основы информатики и вычислительной техники: Пробное учебное пособие для 10-го класса средней школы.— М.: Просвещение, 1986.

Сообщение поступило 20 января 1987 г.

А. Ю. Кузьминов, А. В. Мацея, А. В. Старцев

СОПРЯЖЕНИЕ МИКРОЭВМ СМ 1800 И МИНИ-ЭВМ ЕС 1010

Для микроЭВМ СМ 1800 и мини-ЭВМ ЕС 1010 разработан модуль стыковки и создано соответствующее программное обеспечение, позволяющее:

обмениваться массивами данных при решении математических и иных задач;

обмениваться текстами программ для хранения программного обеспечения ЕС 1010 на гибких магнитных дисках СМ 1800;

пользоваться широким набором периферийных устройств, входящих в СМ 1800 (в частности, выводить результаты расчетов на АЦПУ DZM-180 и графопостроитель СМП-6408 и др.)

Модуль стыковки выполнен в виде платы и двух кабелей, один из которых подсоединяется к модулю МИРПР СМ 1800.7001, а другой — к плате VD-14M ЕС 1010. Для СМ 1800 программа сопряжения написана на ассемблере; для ЕС 1010 используется стандартный драйвер терминала (СМ 1800 воспринимается как дополнительный терминал).

Вычислительная система СМ 1800-ЕС 1010 обладает достоинствами обеих ЭВМ: относительно высоким быстродействием и возможностью обрабатывать большие массивы данных ЕС 1010, широким набором периферийных устройств и простым ассемблером СМ 1800.

Адрес для справок: 107589, Москва, ул. Уральская, д. 23, корп. 1, кв. 106, Мацея Андрей Вацлавович. Телефон: 216-02-57 (с 10.00 до 17.00).

Сообщение поступило 27 марта 1986 г.

УДК 681.322.1

Д. А. Тилинин, Н. К. Глазачев, Р. Б. Айсанов

ПЭВМ «ОКЕАН 240»: КОНСТРУКЦИЯ И МЕТОДИКА ОТЛАДКИ

(Продолжение. Начало см. в №№ 2, 4 за 1986 г.)

Персональная ЭВМ «Океан 240» выполнена на одной печатной плате размером 325×180 мм (рис. 1) из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. На сборочном чертеже (рис. 2) указаны наименования интегральных схем и полупроводниковых приборов. Обозначения элементов соответствуют принципиальной электрической схеме, опубликованной в № 4 за 1986 г., за исключением некоторых изменений, внесенных в схему позднее*:

установлены две дополнительные перемычки S3, S4 (рис. 3);

линия VSU (вывод 25 БИС DD 67) соединена со входом (13) DD31, вывод (11) DD31 соединен с точкой +B;

интегрирующая цепь в схеме формирователя выходного сигнала магнитофона заменена дифференцирующей, для чего потребовалось поменять местами элементы R35, C4;

в позицию DD8 вместо K555ЛН1 установлена ИС K531ЛН1;

изменены номиналы следующих элементов: R55 — 750 Ом, R88 — 4,3к, R36 — 1,5к, R37 — 10 Ом, R86 — 100 Ом, R35 — 5,1 к, R7 — 220 Ом, R16, R17, R18 — 3,3к, C4 — 0,033 мкФ, C15 — 0,68 мкФ.

В схеме использованы электролитические конденсаторы типа K53-14 (C1, C13, C16, C22), остальные — керамические типа КМ5-Б; все резисторы типа МЛТ-0,125. Трансформатор Tr1 выполнен на кольцевом сердечнике МП140 (K12×7×5 мм), обмотка W1 содержит 30 витков, W2 — 8 витков провода ПЭЛШО-0,3. Можно использовать ферритовый сердечник M1500НМ, имеющий площадь поперечного сечения не менее 15 мм, в этом случае необходимо увеличить сопротивление резистора R85 до 300 Ом. Дроссель L1 (около 150 мкГн) намотан на ферритовое кольцо диаметром 8 мм проводом ПЭЛШО-0,25 до заполнения.

Допускается замена микросхем серии K555 на соответствующие ИС серии K155, K531 (за исключением DD5, DD6, DD28...DD32, DD33, DD38...DD41), однако энергопотребление ПЭВМ при такой замене возрастает. Вместо операционных усилителей K544УД2 можно использовать K140УД8А (Б). Транзисторы КТ315, КТ361 могут быть заменены любыми кремниевыми транзисторами соответствующего типа проводимо-

сти с граничной частотой не менее 100 МГц и коэффициентом передачи по току не менее 50. Транзистор VT19 можно заменить на КТ819, КТ817 с любым буквенным индексом. Допустимые отклонения номиналов резисторов ±10%, конденсаторов —20...+80%, за исключением элементов предусилителя-фильтра (OU DA76), где номиналы должны быть подобраны с точностью не менее 10%.

Соединение с внешними устройствами осуществляется разъемами X1...X5 типа СНО51-30. Микросхемы DD1, DD2, DD4, DD65, DD66 устанавливаются на панельки. Назначение перемычек S1...S4 приведено в таблице.

Разработана простая методика наладки ПЭВМ с помощью осциллографа и тестера под управлением тест-программы, записанной в УФ РПЗУ K573РФ4. Тест-программа, занимающая объем 1,5К байт (рис. 4), состоит из набора тестов, предназначенных для проверки основных функциональных узлов ПЭВМ.

Перед установкой РПЗУ с тест-программой в позицию DD1 необходимо проверить правильность сборки преобразователя напряжения и убедиться в отсутствии замыканий шин питания: 5, 12, —5, —12 В с информационными шинами, шиной «земля» и между собой. Эту работу следует выполнить наиболее тщательно, так как неисправности такого рода могут привести к выходу из строя установленных на плату ИС. На рис. 5 приведена принципиальная схема соединений ПЭВМ с внешними устройствами, необходимыми для тестирования:

* Неточности в принципиальной схеме: а) для БИС контроллера прерываний нумерация выводов шины данных D0...D7 ошибочно указана в обратной последовательности; номера выводов RD, WR должны быть 3 и 2 соответственно (было 2 и 3); б) нумерация выводов логического вентиля 2ИЛИ-НЕ ИС DD10 должна быть: входы 12, 11, выход 13; в) тип транзистора VT18 (КТ315Б вместо КТ361Б).

клавиатурой, ТВ-монитором, терминалом, кассетным магнитофоном, печатающим устройством. Временная диаграмма обмена ЭВМ с клавиатурой приведена на рис. 6. Терминал, имеющий интерфейс RS 232C

(скорость обмена 4800 Бод), используется для управления тест-программой и вывода сообщений о результатах. При отсутствии терминала запуск очередного текста осуществляется с помощью микровы-

ключателя SA1 с нормально-замкнутыми контактами (на рис. 5 показан индикатор). Цветной ТВ-монитор, имеющий входы R, G, B, подключается к соответствующим выводам разъема X1. Сигнал SYNH

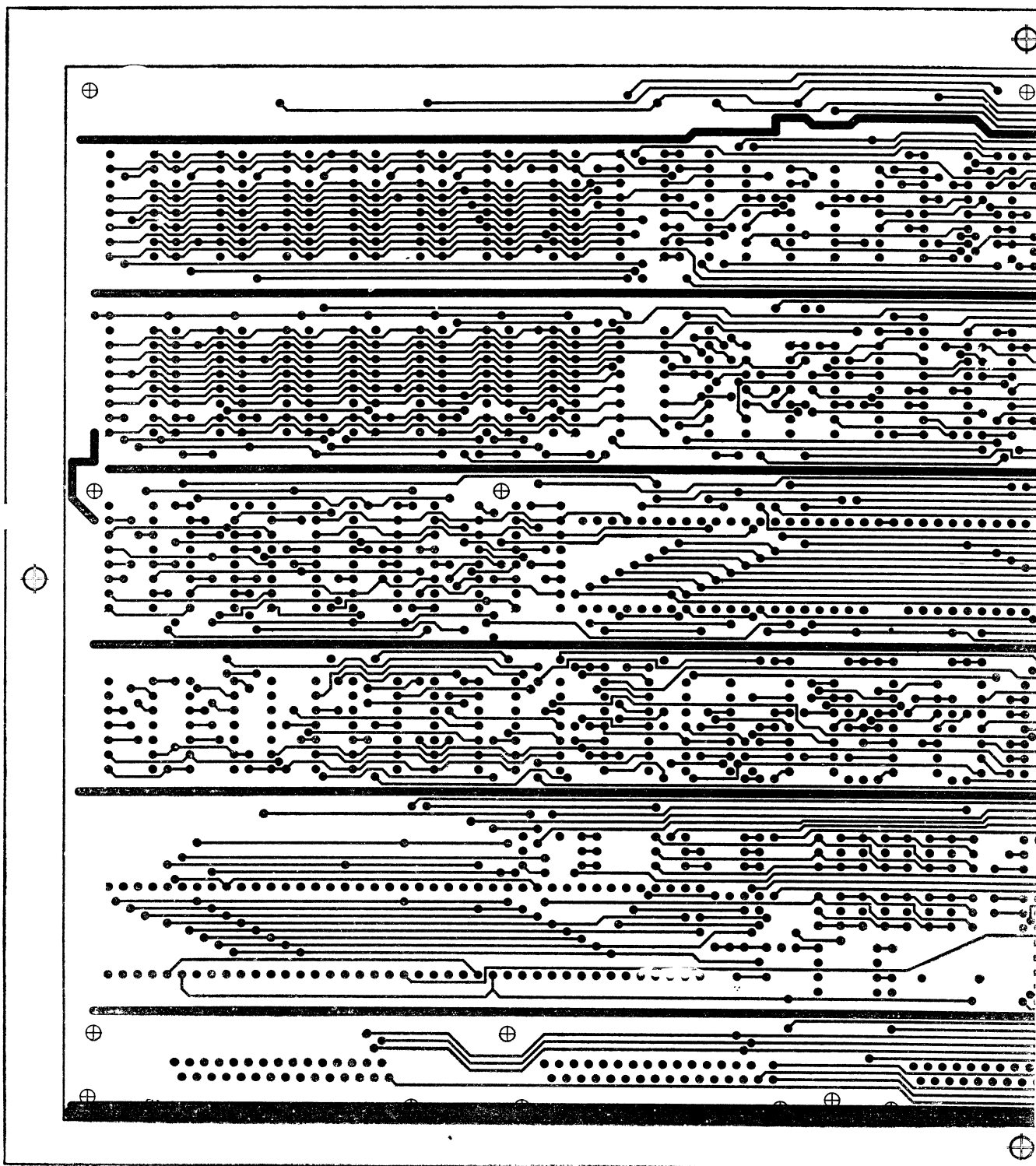
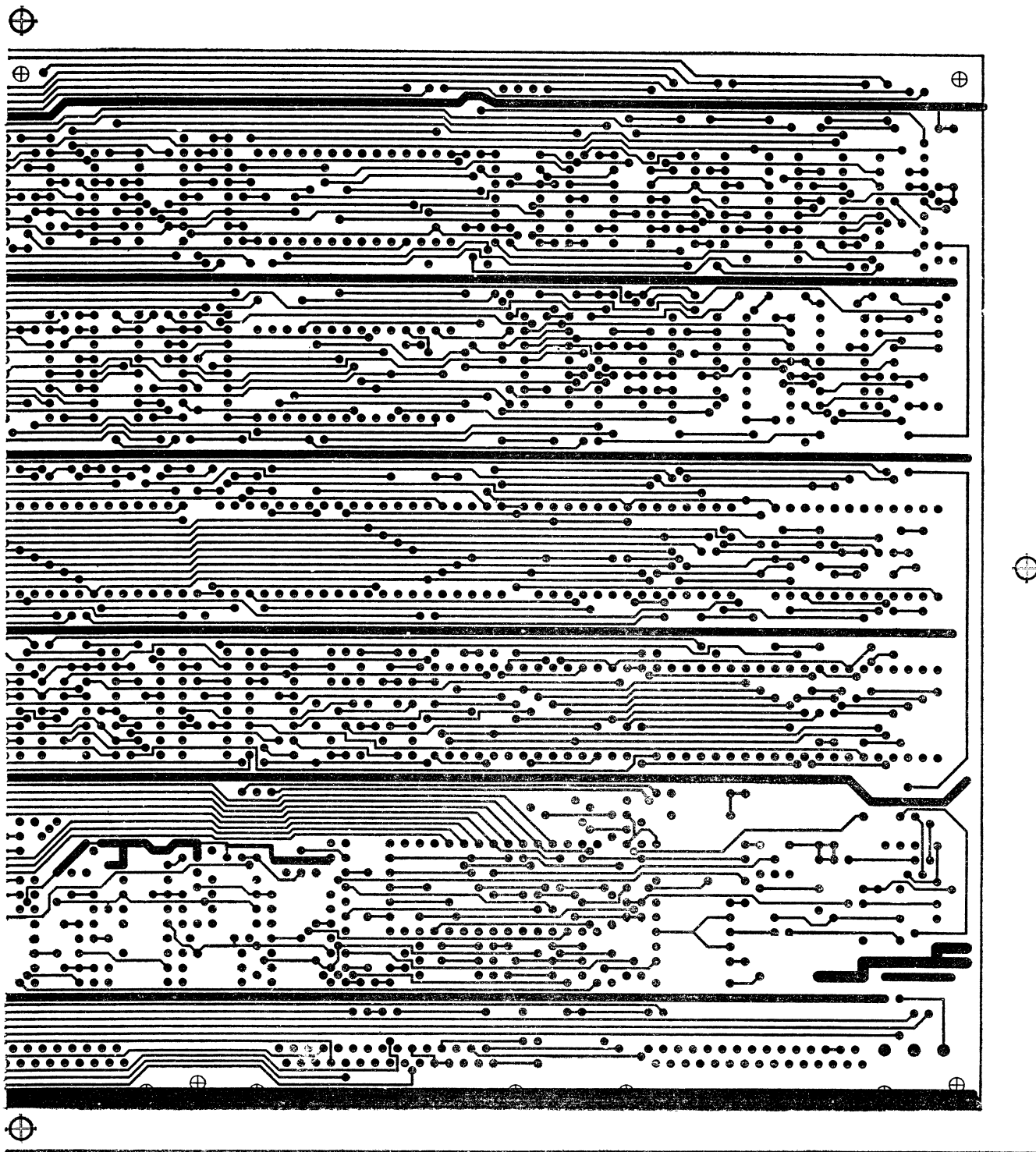


Рис. 1. Печатная плата ПЭВМ «Океан 240», сторона лайки

подается либо на вход синхронизации, либо при его отсутствии на вход видеосигнала. Для подключения ТВ-приемника, не имеющего R, G, B входов, потребуется доработка, заключающаяся в установке до-

полнительного разъема, на который необходимо вывести входные сигналы видеоусилителей R, G, B и вход синхронизации. Кроме того, для уменьшения влияния помех от предыдущих каскадов ТВ-приемника

может потребоваться установка выключателя, отключающего питание УПЧИ. На рис. 7 приведена схема доработки цветного ТВ-приемника «Шильялис-Ц410». Обозначения на рисунке соответствуют принципиаль-



ной электрической схеме приемника ОЭ.025.032 ТУ. Вход видеосигнала черно-белого ТВ соединяется с выходом VIDEO кабелем, имеющим волновое сопротивление 50...150 Ом. Амплитуда сигнала составляет 3 В

(двойной размах) (ее можно уменьшить, установив резистор 50...100 Ом между выходом VIDEO и общим проводом). При подключении кассетного магнитофона особое внимание следует обратить на экраниров-

ку соединительных проводов.

После включения питания +5 В (потребляемый ток не должен превышать 1,8 А) проверяется наличие питающих напряжений и «земли» на соответствующих выводах микро-

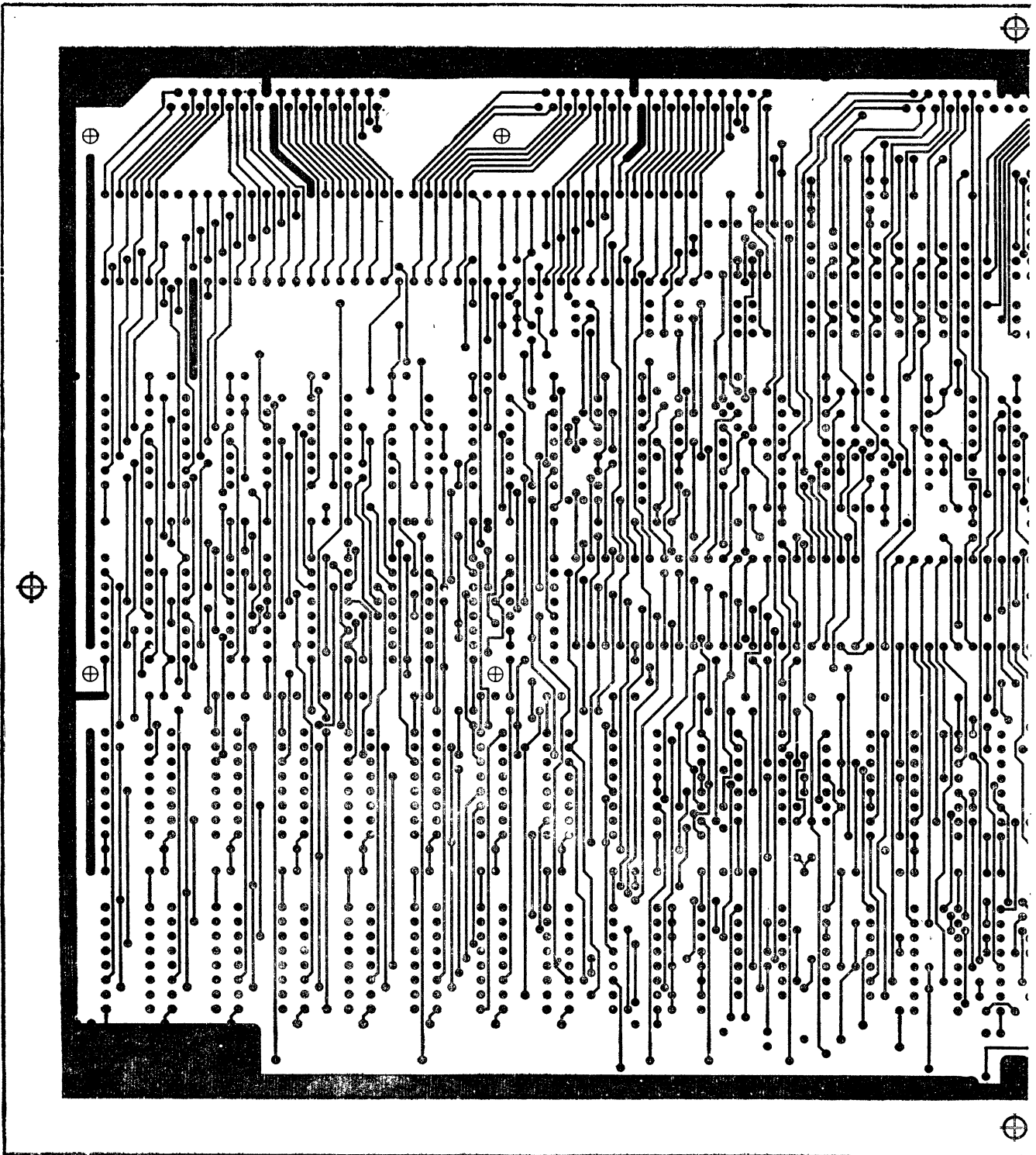
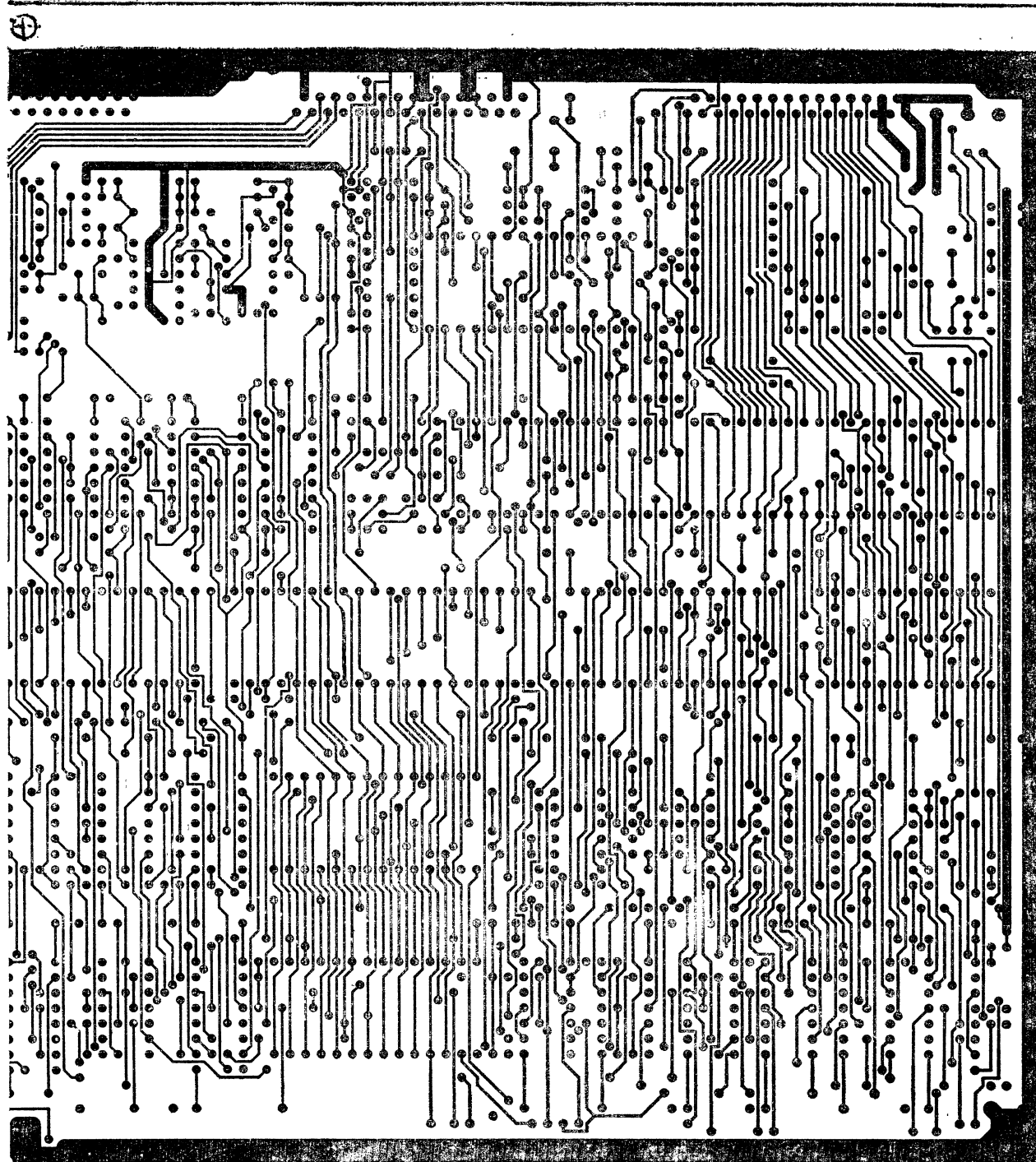


Рис. 1. Печатная плата ПЭВМ «Океан 240», сторона установки деталей

схем; с помощью осциллографа контролируется правильность работы генератора тактовых сигналов Ф1, Ф2 (см. «МП» № 4, рис. 2) и устройства синхронизации. При активном сигнале RESET (клавиша SA2 на-

жата) выходные сигналы устройства синхронизации должны соответствовать временной диаграмме (рис. 8). Дальнейшая наладка производится под управлением тест-программы, проверяющей последо-

вательно работу узлов ПЭВМ: видеопроцессора, ОЗУ, устройства сопряжения с кассетным магнитофоном, интерфейса клавиатуры и устройства печати, последовательной линии связи, контроллера пре-



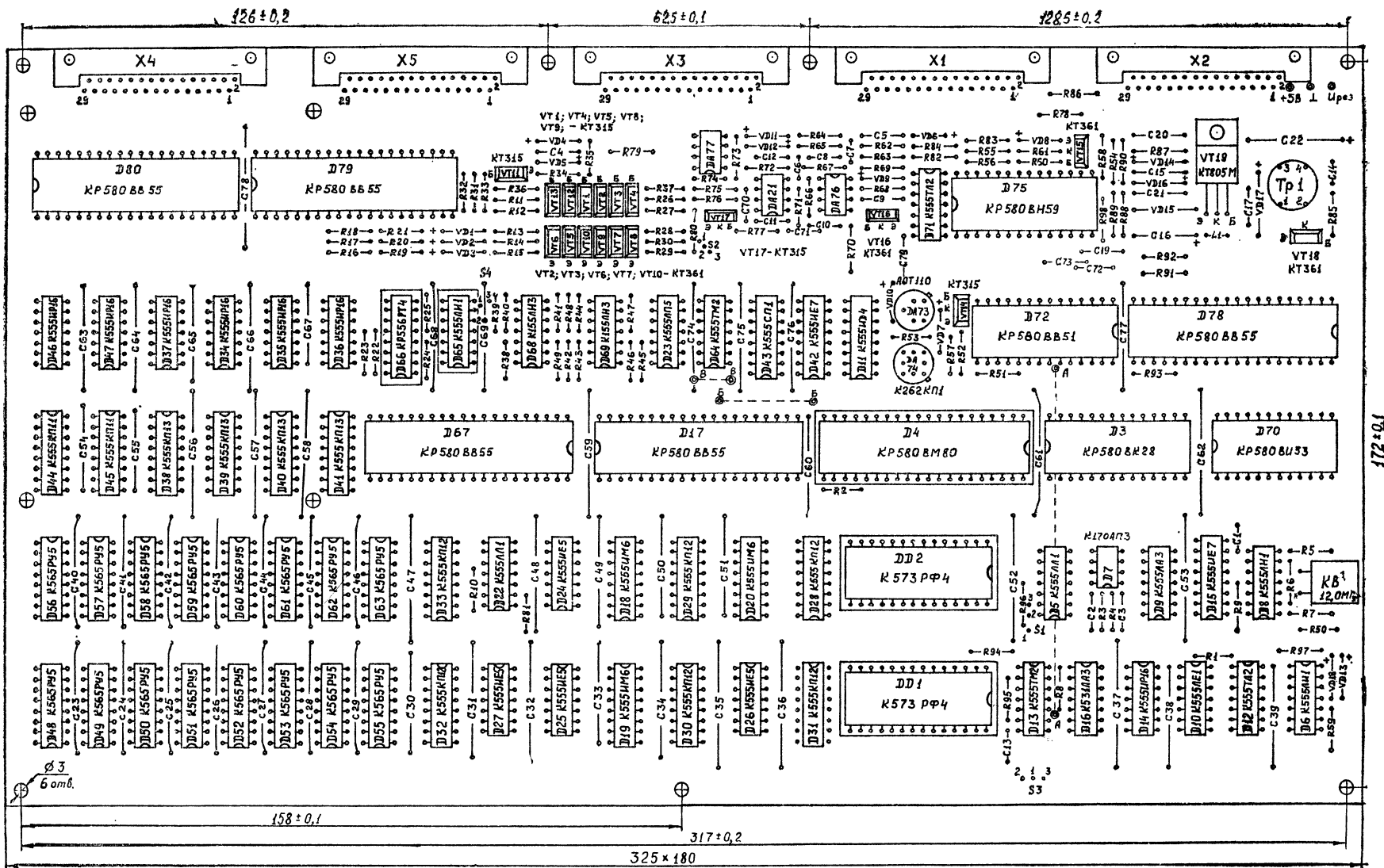


Рис. 2. Сборочный чертеж печатной платы ПЭВМ
 Примечание: при монтаже VT1 и VT2 поменять местами

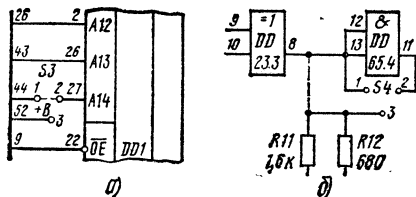


Рис. 3. Принципиальная схема соединения дополнительных переключателей S3 (а) и S4 (б). Пунктиром показаны соединения до установки переключателей

рываний и таймера. Сообщения о результатах проверки выводятся на терминал и сопровождаются звуковыми сигналами высокого тона (1 кГц) в случае правильного прохождения очередного теста и низкого тона (400 Гц) при обнаружении ошибки. Количество сигналов соответствует номеру теста (например, 8 коротких сигналов частотой 1 кГц

```

0000  C3 03 E0 F3 3E 80 D3 C3 D3 E3 D3 23 3E 93 D3 43
0010  3E 47 D3 E1 3E 07 D3 C2 3E 04 D3 E2 3E CE D3 A1
0020  3E 25 D3 A1 3E 76 D3 63 3E 14 D3 61 3E 00 D3 61
0030  3E 12 D3 80 3E 00 D3 81 3E FF D3 81 3E 20 D3 81
0040  3E 0A D3 80 31 4E E0 16 00 1E 01 C3 F8 E4 7A D3
0050  20 D3 21 D3 21 14 DB A1 E6 02 CA 4E E0 AF D3 20
0060  D3 21 D3 22 31 6A E0 C3 DB E4 3E 01 D3 C1 0E 00
0070  79 E6 07 47 79 1F 1F 1F E6 01 80 11 00 00 1F D2
0080  9B E0 11 FF 55 B7 CA 9B E0 11 FF 00 FE 01 CA 9B
0090  E0 11 00 FF FE 02 CA 9B E0 1E FF 79 E6 07 87 87
00A0  87 87 87 6F 06 20 79 E6 F8 C6 40 67 8E 04 73 24
00B0  72 24 3D C2 AE E0 2C 05 C2 A6 E0 0C 79 FE 40 C2
00C0  70 E0 3E 00 D3 C1 3E 40 D3 E1 1E 00 16 00 01 00
00D0  C0 0B 78 B1 C2 D1 E0 0E 80 DB 41 E6 02 C2 D9 E0
00E0  DB 41 E6 02 CA E0 E0 7B 1F DA F0 E0 14 C3 F1 E0
00F0  15 1F DA FD E0 7A C6 07 D3 C2 C3 00 E1 7A D3 C0

0100  0D C2 D9 E0 01 00 C0 0B 78 B1 C2 07 E1 1C 7B FE
0110  04 F2 1B E1 F6 40 D3 E1 C3 CE E0 3E 03 D3 C1 0E
0120  00 79 E6 07 47 79 1F 1F 1F E6 01 80 16 00 1F D2
0130  34 E1 16 FF 79 E6 07 87 87 87 87 87 6F 06 20 79
0140  E6 F8 C6 40 67 3E 04 72 24 72 24 3D C2 47 E1 2C
0150  05 C2 3F E1 0C 79 FE 40 C2 21 E1 3E 00 D3 C1 3E
0160  80 D3 E1 1E 00 01 FF FF 0B 78 B1 C2 68 E1 7B 87
0170  87 87 F6 80 D3 E1 1C 7B FE 07 DA 65 E1 31 87 E1
0180  16 00 1E 02 C3 F8 E4 DB A1 E6 02 CA 87 E1 31 94
0190  E1 C3 DB E4 3E C0 D3 E1 1E 00 7B E6 03 D3 C1 21
01A0  00 00 01 00 80 36 00 7E FE 00 C2 CD E1 36 FF 7E
01B0  FE FF C2 CD E1 23 0B 78 B1 C2 A5 E1 1C 7B FE 04
01C0  FA 9A E1 16 00 1E 03 31 FF E1 C3 F8 E4 7B E6 01
01D0  1F 1F 84 67 7B 31 E6 E1 E6 02 16 01 CA E1 E1 16
01E0  05 1E 03 C3 F8 E4 EB 7C E6 7F 67 36 00 7E 36 FF
01F0  7E DB A1 E6 02 CA EB E1 3E 00 D3 C1 C3 0A E2 3E

0200  00 D3 C1 DB A1 E6 02 CA 03 E2 31 10 E2 C3 DB E4
0210  1E 00 7B E6 03 D3 C1 21 00 00 80 7B E6 01
0220  1F 1F 84 85 77 23 0B 78 B1 C2 1D E2 1C 7B FE 04
0230  FA 12 E2 01 FF FF 0B 78 B1 C2 36 E2 1E 00 7B E6
0240  03 D3 C1 21 00 00 01 00 80 7B E6 01 1F 1F 84 85
0250  BE C2 70 E2 23 0B 78 B1 C2 49 E2 1C 7B FE 04 FA
0260  3E E2 3E 00 D3 C1 16 00 1E 04 31 89 E2 C3 F8 E4
0270  7B E6 01 1F 1F 84 67 7B 31 89 E2 E6 02 16 01 CA
0280  84 E2 16 05 1E 04 C3 F8 E4 3E 00 D3 C1 DB A1 E6
0290  02 CA 8D E2 31 9A E2 C3 DB E4 06 04 0E 06 11 C7
02A0  E2 1A 29 29 25 00 00 3D C2 A2 E2 78 BE 02 47 D3
02B0  E2 13 0D C2 A1 E2 DB A1 E6 02 CA 9C E2 16 00 1E
02C0  05 31 CD E2 C3 F8 E4 0F 07 0F 0B 07 44 31 D3 E2
02D0  C3 DB E4 DB 41 E6 04 47 DB A1 E6 02 C2 E3 DB
02E0  41 E6 04 B8 CA D8 E2 47 0E 00 0C DB A1 E6 02 C2
02F0  C8 E3 C2 C8 E3 DB 41 E6 04 B8 CA EA E2 47 79 FE

```

Рис. 4. Распечатка тест-программы для РПЗУ (устанавливается в позицию DD1).

Установка переключателей

Переключатель	Положение	Назначение
S1	1-2	DD2—РПЗУ 256К бит
	3-2 «+»	DD2—РПЗУ 64К бит
S2	1-2 «+»	Активный низкий уровень сигнала АСК LP
	3-2	Активный высокий уровень сигнала АСК LP
S3	1-2	DD1—РПЗУ 256К бит
	3-2 «+»	DD1—РПЗУ 64К бит
S4	1-3	Отрицательная полярность
	2-3 «+»	Полярность SYNН в зависимости от типа микросхемы DD65

Примечание. «+» — положение переключателей при тестировании.

означают правильный проход теста № 8). При проверке ОЗУ предполагается, что его объем равен 128К байт. Отметим, что в тест-программе не используются обращения к подпрограммам и команды работы со стеком, что позволяет выполнить все проверки даже в случае неисправности ОЗУ.

Тест 1 запускается после включения питания или сброса и предназначен для проверки работоспособности программы, записанной в РПЗУ, т. е. правильности соединения шин адреса, данных управления, функционирования ЦП, контроллера системной шины данных DD3, дешифратора адресов DD11. Тест 1 выполняет программирование БИС УВВ: параллельных интерфейсов DD17, DD67, DD78, DD80, последовательного интерфейса DD72, контроллера прерываний DD75 и таймера DD70 (частота на выходе счетчика 1 устанавливается равной 76 800 Гц, что соответствует скорости обмена по последовательному каналу 4800 Бод). При правильном выполнении программы на линию RS 232 выдается сообщение «TEST 1 PASSED», сопровождаемое одним звуковым сигналом «проход» (1 кГц). Если этого не происходит, необходимо проверить работу теста в пошаговом режиме. После выдачи сообщения тест 1 выполняет циклический вывод возрастающих кодов в регистры PA, PB, PC параллельного интерфейса DD80 для его проверки. После нажатия любой клавиши терминала (либо кнопки SA2) вывод прекращается и запускается тест 2.

Тест 2 (проверка видеопроцессора) позволяет визуально контролировать на экране ТВ работу устройства отображения и выполняет следующую последовательность действий: запись в область видеоОЗУ (страница 1) информации, соответствующей

0300 19 DA E8 E2 0E 00 0C DB A1 E6 02 C2 C8 E3 C2 C8
 0310 E3 DB 41 E6 04 B8 CA 06 E3 47 79 FE 09 DA A9 E3
 0320 FE 09 DA A9 E3 0E 00 0C DB A1 E6 02 C2 C8 E3 C2
 0330 C8 E3 DB 41 E6 04 B8 CA 27 E3 47 79 FE 07 D2 A9
 0340 E3 FE 07 D2 A9 E3 0E 00 0C DB A1 E6 02 C2 C8 E3
 0350 C2 C8 E3 DB 41 E6 04 B8 CA 48 E3 47 79 FE 09 DA
 0360 A9 E3 FE 09 DA A9 E3 0E 00 0C DB A1 E6 02 C2 C8
 0370 E3 C2 C8 E3 DB 41 E6 04 B8 CA 69 E3 47 79 FE 09
 0380 D2 A9 E3 FE 07 DA A9 E3 0E 00 0C DB A1 E6 02 C2
 0390 C8 E3 C2 C8 E3 DB 41 E6 04 B8 CA 8A E3 47 79 FE
 03A0 07 D2 A9 E3 1E 2B C3 AB E3 1E 2D DB A1 E6 01 CA
 03B0 AB E3 7B D3 A0 FE 2B CA C1 E3 FE 01 D3 20 AF D3
 03C0 20 DB A1 E6 02 CA E8 E2 16 00 1E 06 31 D2 E3 C3
 03D0 F8 E4 31 D8 E3 C3 DB E4 DB 80 E6 02 C2 F0 E3 DB
 03E0 A1 E6 02 CA D8 E3 16 00 1E 07 31 10 E4 C3 F8 E4
 03F0 DB 40 D3 20 47 3E 80 D3 42 DB 80 E6 02 C2 F9 E3

0400 AF D3 42 DB A1 E6 01 CA 03 E4 78 D3 A0 C3 D8 E3
 0410 1E 04 01 FF FF 0B 78 B1 C2 15 E4 1D C2 12 E4 3E
 0420 36 D3 63 AF D3 60 D3 60 31 00 01 3E C3 32 20 00
 0430 21 53 E4 22 21 00 3E EF D3 81 3E 20 D3 80 11 FF
 0440 FF FB 1B 7A B3 C2 42 E4 F3 1E 08 16 02 31 5E E4
 0450 C3 F8 E4 F3 1E 08 16 00 31 5E E4 C3 F8 E4 31 64
 0460 E4 C3 DB E4 DB A1 E6 02 CA 64 E4 31 71 E4 C3 DB
 0470 E4 0E 20 11 40 9C DB 80 E6 08 C2 86 E4 1B 7A B3
 0480 C2 76 E4 C3 A4 E4 79 D3 E0 3E 14 D3 E2 11 40 9C
 0490 DB 80 E6 08 CA A0 E4 1B 7A B3 C2 90 E4 C3 A4 E4
 04A0 3E 04 D3 E2 DB A1 E6 02 C2 B7 E4 0C 79 FE 7F DA
 04B0 73 E4 0E 20 C3 73 E4 1E 09 16 00 31 C1 E4 C3 F8
 04C0 E4 21 FA E5 7E B7 CA D8 E4 47 DB A1 E6 01 CA CA
 04D0 E4 78 D3 A0 23 C3 C4 E4 C3 D8 E4 DB A0 DB A0 DB
 04E0 A1 E6 02 C2 DB E4 01 50 C3 0B 78 B1 C2 E9 E4 DB
 04F0 A0 E6 A0 21 00 00 39 E9 4B 06 7D 7A B7 3E 3C CA

0500 04 E5 3E 78 3D C2 04 E5 3E 0C D3 E2 7A B7 3E 3C
 0510 CA 15 E5 3E 78 3D C2 15 E5 3E 04 D3 E2 05 C2 FB
 0520 E4 06 32 3E C8 3D C2 25 E5 05 C2 23 E5 0D C2 F9
 0530 E4 01 D2 E5 0A B7 CA 47 E5 DB A1 E6 01 CA 39 E5
 0540 0A D3 A0 03 C3 34 E5 DB A1 E6 01 CA 47 E5 7B E6
 0550 0F C6 30 D3 A0 01 DA E5 7A B7 CA 67 E5 01 EA E5
 0560 1F DA 67 E5 01 E2 E5 0A B7 CA 7A E5 DB A1 E6 01
 0570 CA 6C E5 0A D3 A0 03 C3 67 E5 AF D3 20 D3 21 03
 0580 22 7A E6 01 CA CD E5 7A 1F 1F E6 01 D3 22 C6 30
 0590 47 DB A1 E6 01 CA 91 E5 78 D3 A0 06 04 7D D3 2E
 05A0 7C D3 21 54 5D 7C 1F 1F 1F E6 0F C6 90 27 C0
 05B0 40 27 4F DB A1 E6 01 CA B3 E5 79 D3 A0 0E 04 7D
 05C0 17 6F 7C 17 67 0D C2 BF E5 05 C2 A5 E5 21 00 00
 05D0 39 E9 0D 0A 54 45 53 54 20 00 20 50 41 53 53 45
 05E0 44 00 20 45 52 52 4F 52 21 00 20 45 52 52 4F 52
 05F0 20 41 54 20 41 44 44 52 20 00 0D 0A 45 4E 44 00

Рис. 4. Распечатка тест-программы для РПЗУ (Продолжение)

шей изображению шахматной доски в цветном режиме;
 включение изображения в цветном режиме;
 сдвиг изображения по горизонтали (влево, затем вправо);
 то же, по вертикали (вверх, затем вниз);
 запись в область видеоОЗУ (страница 2) изображения шахматной доски в монохромном режиме;
 переключение страниц и включение монохромного режима;
 последовательное включение семи цветов фона;
 выдача сообщения и ожидание команды оператора.
 При неустойчивом изображении либо при его отсутствии необходимо проверить схему формирования синхросигнала (DD24...DD27, DD43, DD12.3, DD12.4, DD6.3, DD6.4, DD23.3, DD64) и видеосигнала (DD34...DD37, DD65, DD66, VT1...



Рис. 5. Принципиальная электрическая схема соединения ПЭВМ с внешними устройствами:

a — ТВ-монитором, внешним терминалом и магнитофоном; б — клавиатурой; в — устройством печати типа УВВПЧ-30-004

VT10) соответственно. В случае искажений изображения, появления лишних элементов (вертикальные полосы и т. п.), проверяются адресные мультиплексоры DD28...DD32, буферные регистры DD38...DD41 и микросхемы ОЗУ. Проверку ОЗУ выполняют тесты 3 и 4.

Тест 3 (проверка шины данных ОЗУ) выполняет последовательную проверку ячеек ОЗУ на соответ-

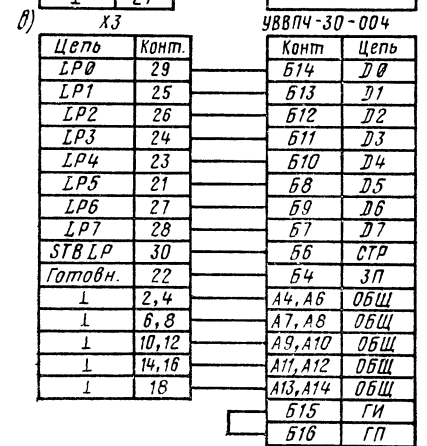
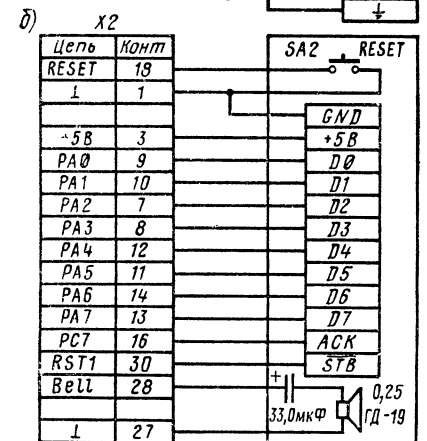
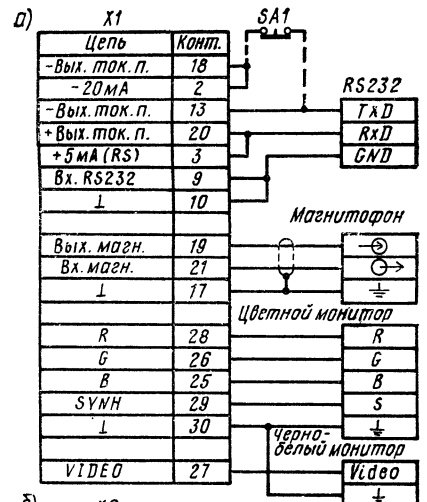


Рис. 6. Временная диаграмма обмена данными между ПЭВМ и клавиатурой

вие записываемых и считываемых 8-разрядных слов (для значений 00 и FFH). По окончании проверки выдается сообщение «TEST 3 PASSED» и 3 звуковых сигнала «проход». При обнаружении ошибки выдается сообщение «TEST 3 ERROR AT ADDP NNNNN» (NNNNN-адрес неверно считанного байта, старший разряд адреса равен 0 для основ-

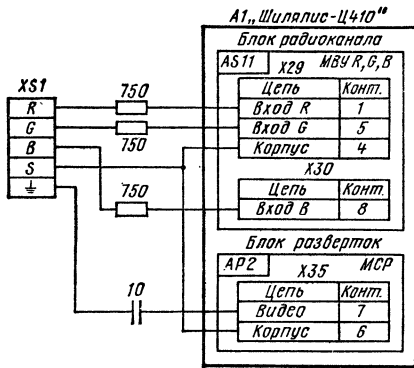


Рис. 7. Доработка цветного ТВ-приемника «Шилялис-Ц410»

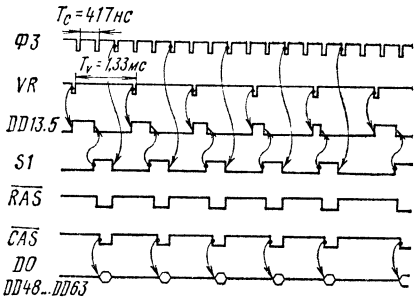


Рис. 8. Временные диаграммы работы устройства синхронизации (соответствуют циклам записи-считывания ОЗУ центральным процессором)

ного ОЗУ и 1 для дополнительного), сопровождаемое звуковым сигналом «ошибка». При отсутствии терминала адрес байта может быть считан с выходных линий БИС параллельного интерфейса DD80 (РА — разряды адреса А0...А7, РВ — А8...А15, РС0 — А16). После этого программа переходит к циклической записи-считыванию указанного байта, что позволяет выяснить причину ошибки с помощью осциллографа. Для продолжения тест-программы необходимо нажать клавишу терминала.

Тест 4 (проверка адресов и регенерации ОЗУ) выполняет запись в ОЗУ кодов, являющихся функцией адреса $\bar{X} = (A \text{ AND } OFFH) + (A/8)$, где А — текущий адрес ячейки; выдерживает паузу 0,5 с, после чего проверяется соответствие считываемых кодов записанным. При ошибочном считывании выдается сообщение «TEST 4 ERROR AT ADDR NNNNN» и звуковой сигнал «ошибка». Запуск следующего теста по нажатию клавиши терминала.

Тест 5 выполняет запись на кассетный магнитофон тестового сигнала, используемого в дальнейшем для проверки усилителя-формирователя считывания. Тест-сигнал представляет собой периодически повторяемую последовательность, временная диаграмма которой приведена на рис. 9. Амплитуда сигнала на линейном

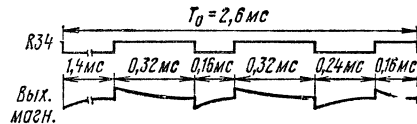


Рис. 9. Временная диаграмма одного периода тест-сигнала для настройки устройства сопряжения с кассетным магнитофоном

входе магнитофона составляет 250 мВ (эффективное значение). По команде оператора запись прекращается и программа переходит к тесту 6.

Тест 6 (проверка правильности настройки усилителя-формирователя (УФ) считывания). При запуске теста 6 ЦП считывает состояние логического выхода УФ (вывод 20 БИС DD78), измеряя при этом временные интервалы между переходами сигнала из одного логического состояния в другое. При обнаружении несоответствия интервалов тестовому сигналу, записанному ранее, на терминал выдается знак «←», сопровождаемый импульсом длительностью 5 мкс на линии РА0 БИС DD80, при правильном считывании — знак «+». Тестирование прекращается при нажатии клавиши терминала, после чего запускается тест 7. При правильной настройке УФ считывания и достаточном уровне воспроизводимого сигнала на одной стороне кассеты С90 должно быть не более двух сбоев (не считая нескольких начальных и последнего). Причиной частых сбоев может быть плохое качество ленты, сильные помехи от внешних источников, неправильная настройка усилителя-формирователя. Работа УФ, а также детектора межблочных промежутков контролируется осциллографом (см. «МП» № 4, рис. 2).

Тест 7 осуществляет ввод с клавиатуры 7-разрядных кодов символов и передачу их на терминал. Коды символов передаются также на выходные линии РА БИС параллельного интерфейса DD80. Тест прекращается при нажатии клавиши терминала.

Тест 8 предназначен для проверки контроллера прерываний DD75 и системного таймера (счетчик 0 БИС DD70). Таймер программируется в режим делителя частоты ($f_{\text{вых}} = 25 \text{ Гц}$), после чего проверяется прерывание от таймера RST4. Правильный проход сопровождается сообщением «TEST 8 PASSED» и звуковым сигналом «проход», при отсутствии прерываний выдается сообщение «TEST 8 ERROR!». Тест 8 использует 3 ячейки ОЗУ с адресами 20H, 21H, 22H для записи вектора прерывания, поэтому в случае неисправного ОЗУ может быть выдано сообщение об ошибке даже при правильной работе логики прерываний.

Тест 9 предназначен для проверки устройства матричной печати УВВПЧ-30-004 (либо аналогичного УП с параллельным интерфейсом). При запуске теста 9 на УП циклически выводятся коды символов в возрастающей последовательности, начиная с 20H (пробел) и кончая 7EH. При отсутствии сигнала готовности УП в течение 20 мс строб данных снимается и выводится следующий символ. Это дает возможность контролировать работу интерфейса в отсутствии УП. При нажатии клавиши терминала тест прекращается и выводится сообщение TEST 9 PASSED END. Повторный запуск тест-программы производится нажатием клавиши SA2 RESET.

Отладка в пошаговом режиме позволяет обнаружить неисправность на начальном этапе отладки (тест 1). Принципиальная схема простого устройства для пошагового режима приведена на рис. 10. Устройство

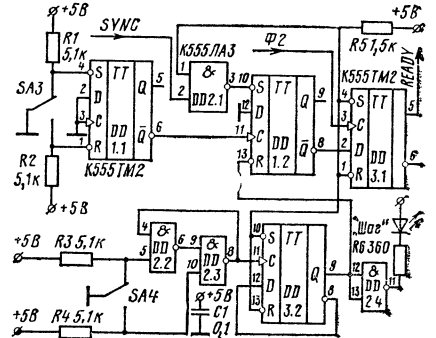


Рис. 10. Принципиальная схема устройства пошаговой отладки

подключается к выводам GND, 5 В, SYNC, READY БИС центрального процессора и сигналу Ф2 TTL, снимаемому с выхода 5 ИС DD13. В непрерывном режиме (светодиод «Шаг» не светится) устройство не оказывает влияния на работу ЦП. При переводе в пошаговый режим (кнопка SA4 нажата) сигнал READY переводится в состояние «Лог. 0» в начале каждого цикла обмена; ЦП при этом переходит в состояние ожидания TW. При нажатии кнопки SA3 ЦП переходит к следующему циклу. Правильность считывания данных из РПЗУ (распечатка теста 1 приведена на рис. 11), выполнения команд и программирования БИС УВВ контролируется осциллографом.

Описанная методика была проведена при наладке четырех ПЭВМ. При этом причиной неисправности были технологические дефекты изготовления печатной платы, а также неисправные комплектующие изделия. Правильный проход всех девяти тестов является достаточным условием для работы монитора и операционной системы ПЭВМ. Даль-

```

E000 C3 E003 START: JMP T_1 ;переход к тесту 1
E003 F3 T_1: DI ;запрет прерываний
E004 ZE 80 MVI A, 80H ;вывод в режиме 0
E006 D3 C3 OUT DD17 ;ВИС управления ОЗУ
E008 D3 E3 OUT DD67 ;ВИС управления VIDEO
E00A D3 23 OUT DD80 ;ВИС 8255 (DD80)
E00C ZE 93 MVI A, 093H ;PA, PB-вывод, PC-вывод
E00E D3 43 OUT DD78 ;интерфейс клавиатуры
E010 ZE 47 MVI A, 047H ;режим отображения
E012 D3 E1 OUT VMODE ;(выкл. цвет, выкл. фон)
E014 ZE 07 MVI A, 07H ;начальный код горизонт-
E016 D3 C2 OUT HC ;таляного сдвига = 0
E018 ZE 04 MVI A, 4 ;выход магнитофона -
E01A D3 E2 OUT TPO ;в пассивном состоянии
E01C ZE CE MVI A, 0CEH ;программирование 8251
E01E D3 A1 OUT TTUC
E020 ZE 25 MVI A, 025H ;8 бит, выкл. четность
E022 D3 A1 OUT TTUC
E024 ZE 76 MVI A, 076H ;установка скорости
E026 D3 63 OUT PIT+3 ;передачи R5232
E028 ZE 14 MVI A, 20
E02A D3 61 OUT PIT+1
E02C ZE 00 MVI A, 0 ;4800 BAUD
E02E D3 61 OUT PIT+1
E030 ZE 12 MVI A, 12H ;программирование 8259
E032 D3 80 OUT PIC ;ICW_1
E034 ZE 00 MVI A, 0
E036 D3 81 OUT PIC+1 ;ICW_2
E038 ZE FF MVI A, 0FFH
E03A D3 81 OUT PIC+1 ;маска прерываний
E03C ZE 20 MVI A, 20H
E03E D3 80 OUT PIC ;END-OF-INTERRUPT
E040 ZE 0A MVI A, 0AH
E042 D3 80 OUT PIC ;POLL
E044 31 E04E LXI SP, T_2 ;адрес возврата - в SP
E047 16 00 MVI D, 0 ;признак ошибки = 0
E049 1E 01 MVI E, 1 ;номер теста = 1
E04F C3 E4F8 JMP MESSAGE ;вывод сообщения

```

Рис. 11. Распечатка теста 1

нейшие проверки (полный тест ОЗУ, тест приоритетных прерываний, тест устройств пользователя и т. п.) производятся под управлением ОС.

Адрес для справок: 117218, Москва, ул. Красикова, 23, Институт океанологии АН СССР.
Статья поступила 30 декабря 1986 г.

УДК 681.32

В. И. Солоненко, А. Н. Касперович, А. И. Ефремов

ЭЛЕКТРОННЫЙ ДИСК — ВНЕШНЕЕ ЗУ ЭВМ

Надежность и быстродействие информационно - вычислительных комплексов (например, типа ДВК) существенно увеличивается, если в их состав входит модернизированное устройство «Электроника 256К» в качестве эмулятора диска [1].

Использование эмулятора диска (электронного диска ЭД) для повышения технических характеристик системы целесообразно даже при наличии жестких дисков винчестерского типа [2], поэтому была поставлена задача существенно повысить мощность такого устройства при одновременном повышении технологичности.

Разработана двухсторонняя плата емкостью 1М байт. Конструкция предусматривает возможность наращивания за счет использования нескольких плат. Каждая плата имеет свой 4-разрядный номер, задаваемый переключателем, установленным на плате.

Для повышения надежности ЭД применен способ контроля и исправ-

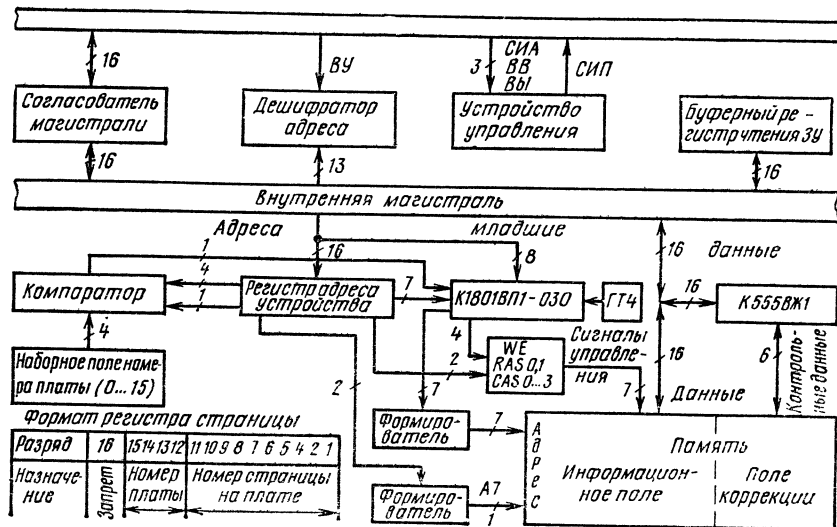
ления ошибок по Хэммингу, позволяющий использовать частично год-

ные микросхемы памяти (см. рисунок).

В устройстве используются 176 микросхем памяти: 128 — для записи информации, 48 — для записи контрольной информации, обеспечивающей исправление одиночных ошибок. Для генерации контрольной информации при записи и исправления информации при чтении применена микросхема К555ВЖ1. Если в информационном поле (16 разрядов) ошибок нет, а в контрольном поле (6 разрядов) встречаются ошибки не более 3-го порядка, то выданные микросхемой 16 разрядов не содержат ошибок. Это позволяет применять 128 полноценных микросхем для информационных разрядов, а в качестве 48 исправляющих микросхем использовать практически любые микросхемы без заметного снижения надежности.

Микросхема контроллера динамической памяти К1801ВП1-030 формирует 7 сигналов адреса, служебные сигналы RAS и CAS, но так как эта микросхема предназначена для управления микросхемами памяти емкостью 16К бит, а в ЭД используются микросхемы емкостью 64К бит, применен формирователь дополнительного адреса А7. Для повышения надежности микросхемы памяти К565РУ5 введена дополнительная задержка в цепь сигнала CAS. На время передачи информации из памяти в микросхему К555ВЖ1 устройство управления запрещает передачу информации через согласователи магистрали.

Вся память ЭД для удобства адресации разбивается на страницы, поэтому при обмене данными надо указывать номер страницы и номер ячейки на выбранной странице. Для этого на плате ЭД регистру номера страницы присвоен адрес 177460 (используя одну перемычку можно



Блок-схема электронного диска

присвоить еще два значения), а ячейкам страницы — адреса 171000...171776.

Информация о желаемом номере страницы через согласователи магистралей записывается одновременно в регистры страницы всех плат, имеющих в системе. При этом плата с номером 0 отвечает сигналом «Синхронизация пассивного устройства» (СИП). При чтении регистра номера страницы информации и СИП выдается также платой с номером 0, всегда имеющейся в системе. Номер страницы может задаваться от 0 до 77.777.

При обращении процессора по адресам 171000...171776 осуществляется обмен с платой ЭД, содержащей выбранную страницу, так как устройству сравнения разрешают работу только одной выбранной плате, а на всех остальных платах выдают запрещающий потенциал.

Размер страницы, осуществляющей обмен, может быть различным: 4К слов, находящихся в поле адресов ОЗУ (емкость ОЗУ понижается с 28К слов до 24К слов).

2К слов в поле внешних устройств (используется ОЗУ до 28К слов, но невозможен вариант с ОЗУ до 30К слов);

256 слов в поле внешних устройств (с использованием инкрементного режима);

одно слово (при необходимости заполняется весь объем ОЗУ) без изменения адреса (весьма ценно для задач реального времени). Для реализации был выбран вариант со страницей емкостью 256 слов, позволяющий легко стыковать устройства с операционной системой RT-11 (256 слов в блоке), имеющий высокую скорость обмена с ОЗУ (одна команда по изменению номера страницы на 256 команд обмена данными).

При проектировании ЭД для обеспечения возможности сохранения информации при отключении питающего напряжения на плате предусмотрены две цепи питания. К шине «батарейного» питания подключены элементы, необходимые для сохранения информации: микросхемы памяти, генератор, контроллер динамической памяти, формирователи адресов, служебных сигналов, занесения адреса. Остальные элементы подключены к обычной шине 5 В.

Одно из перспективных применений ЭД — использование в качестве устройства, поддерживающего ОС в составе комплекса типа ДВК, в то время как НГМД работает в качестве архивного устройства.

Эксплуатация подобной системы с ЭД в полевых условиях в течение месяца показала, что сбоя по вине памяти отсутствовали. Система использовалась как инструментальная ЭВМ для написания и отладки программ.

Применение описанного ЭД в качестве системного ЗУ вместо НГМД дает пользователю следующие возможности:

увеличение емкости системного ЗУ в 4 раза (с 486 до 2000 блоков);

повышение надежности системы за счет практически полного исключения сбоев в системном ЗУ;

увеличение быстродействия системного ЗУ (примерно в 5 раз — уровень быстродействия НМД СМ 5400). При включении в систему устройства прямого доступа к памяти возможно увеличение быстродействия еще в 5 раз.

Для работы в качестве системного устройства, поддерживающего ОС RT11-04, разработан драйвер ЭД, занимающий в ОЗУ в загруженном состоянии только 73 слова. Структура драйвера полностью определяется требованиями ОС RT11-04 на программирование драйверов [3].

Электронный диск, являясь быстрым, всегда готовым к обслуживанию устройством (подобно ОЗУ), не содержит логики прерываний, поэтому драйвер передает информацию сразу после получения программного запроса монитора на передачу информации. Программный запрос передается драйверу в виде элемента очереди, из которого драйвер извлекает номер блока, число слов обмена и адрес буфера обмена. Номер блока драйвер помещает в регистр страницы; число слов обмена — в программный счетчик, работающий на вычитание; адрес буфера обмена — в регистр ЭВМ, используемый при передаче в качестве указателя адреса с автоинкрементной адресацией.

Все программные запросы к ЭД являются стандартными запросами к устройству с файловой структурой произвольного доступа ОС RT11-04. Передача одного блока в ЭД под управлением разработанного драйвера осуществляется примерно за 1,5 мс. При использовании интерфейса прямого доступа к памяти (при условии модификации драйвера) это время составит менее 0,4 мс. В драйвер ЭД включена также подпрограмма первичного загрузчика.

Число плат ЭД определяется требованиями задачи и возможностями пользователя, поэтому драйверу необходимо сообщать объем диска, с которым он может работать (в случае использования плат с нетиповым адресом регистра номеров страниц драйверу также необходимо сообщить этот адрес). Это реализуется командой типа SET, либо специальной подпрограммой определения объема диска.

Электронный диск имеет значительную емкость (1М байт на одной плате), поэтому проблема его тестирования достаточно сложна. Вре-

мя выполнения теста, аналогичного тестам ЗУ (например, ОЗУ ЭВМ «Электроника 60» емкостью 28К, байт), 30 мина, теста ЭД — около 8 ч. что неприемлемо. Кроме того, тест ОЗУ не позволяет сразу принять решение, какую микросхему памяти необходимо заменить, чтобы восстановить работоспособность ОЗУ.

Разработан быстрый и эффективный тест, который проверяет годную плату ЭД за 6 мин 30 с и сообщает пользователю координаты неисправной микросхемы, осуществляет проверку ЗУ на хранение нулей и единиц, на ошибки формирования и дешифрации адреса.

Характеристики электронного диска

Конструктив . . . полноформатная двухсторонняя плата микроЭВМ «Электроника 60»
Обмен словами . . . по 16 разрядов
Объем . . . 512К слов
Число микросхем . . . 176 (память), 30 (управление)

Питание U, В при I=1 А +5
Тип микросхем памяти К565РУ5

Непосредственное подключение к МПИ
Исправление одиночных ошибок в слое Нарращиваемость объема ЭД путем параллельного включения плат до 48М байт
Возможность сохранения информации (при использовании дополнительного батарейного питания)

На плате могут быть установлены микросхемы К555ВЖ1 и 48 микросхем ОЗУ (полноценный вариант с исправлением одиночных ошибок), либо две микросхемы К531ИП5 и 8 микросхем ОЗУ (упрощенный вариант обнаружения одиночных ошибок). Факт наличия ошибок запоминается триггером и доступен процессору по чтению и сбросу ошибки.

При включении питания контрольные разряды содержат информацию, не соответствующую содержанию информационных разрядов слова, поэтому при операции чтения данных может возникнуть ошибка контроля. Для предотвращения ошибки целесообразно после включения питания провести хотя бы один полный цикл записи во все ячейки ЭД.

Адрес для справок: 630090, Новосибирск, Университетский пр. 1, ИАЭ. Телефон: 35-09-72.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лукьянов Д. А. «Электроника 256К» — эмулятор диска для комплексов на основе микроЭВМ «Электроника 60» и ДВК // Микропроцессорные средства и системы. — 1986. — № 2. — С. 62.
2. И. Кевин Смит. Полупроводниковое ЗУ емкостью 1М байт для замены винчестерских НМД // //Электроника. — 1984. — Т. 57. — № 18. — С. 36—38.
3. Операционная система СМ ЭВМ РАФОС/Л. И. Валикова, Г. В. Вигдорчик, А. Ю. Воробьев и др. — М.: Финансы и статистика, 1984.

Статья поступила 11 ноября 1986 г.

ОДНОКРАТНО ПРОГРАММИРУЕМЫЕ ПЗУ СЕРИИ КР556

(Окончание цикла. Начало см. №№ 1, 2, 1987 г.)

Рассматриваются основные технические характеристики, статические и динамические параметры, временные диаграммы и принцип работы микросхем КР556РТ16 и КР556РТ18. Приводится методика программирования микросхем серии КР556.

Микросхема КР556РТ16 представляет собой однократно программируемое ПЗУ емкостью 64К бит и организацией 8192 8-разрядных слов. Имеет выход с тремя состояниями.

Технические характеристики микросхемы приведены в табл. 1. Услов-

ное графическое обозначение дано на рис. 1, 2. Назначение выводов показано в табл. 2. Электрическая структурная схема приведена на рис. 3.

Матрица запоминающих элементов микросхемы КР556РТ16 имеет организацию 256 строк на 256 столбцов. Выбор одной из 256 строк осуществляет входной дешифратор, на который подается код адреса А0...А7. Выбранная строка (256 столбцов) содержит тридцать два 8-разрядных слова. Выбор одного из этих слов осуществляется селекторами СL0...СL7, управляемыми выходным дешифратором. Выходной де-

воды D00...D07. Управление усилителями считывания осуществляется схемой разрешения выборки при поступлении на ее вход CS (выбор микросхемы) напряжения низкого уровня.

Для микросхемы КР556РТ16 усилители считывания имеют выходы с тремя состояниями (состояние «выключено»). Перевод выходов в состояние «выключено» осуществляется при подаче на вход CS напряжения высокого уровня.

В исходном состоянии (до программирования) в микросхеме КР556РТ16 по всем адресам и разрядам записан низкий уровень «Лог. 0». При программировании микросхем код адреса подается на адресные входы А0...А12, а данные — на выходы D00...D07. Запись

Таблица 1

Технические характеристики микросхемы КР556РТ16

Условное обозначение микросхемы	Функциональное соответствие	Основные технические характеристики				Корпус	Номер ТУ
		информационная емкость, бит, и организация, слов x разряд	время выборки, нс	ток потребления, мА	тип выхода		
КР556РТ16	НМ-76641	64К (8К x 8)	85	190	ТС	239.24-2	6К0.348.322-16 ТУ

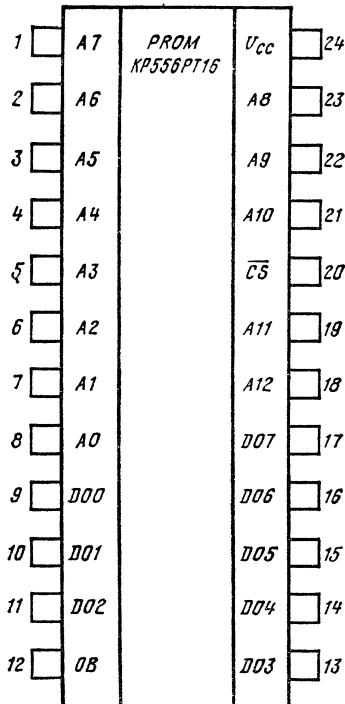


Рис. 1. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ16

шифратор формирует управляющие сигналы в соответствии с кодом, подаваемым на адресные входы А8...А12.

Считанное 8-разрядное слово через усилители УС...У7 поступает на вы-

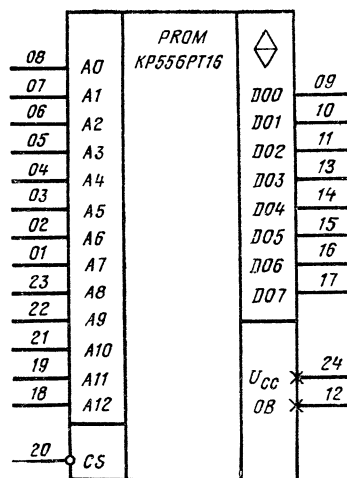


Рис. 2. Условное графическое обозначение микросхемы КР556РТ16 с функциональным расположением выводов

Таблица 2
Назначение выводов микросхемы КР556РТ16

Вывод	Назначение
1...8	Адресные входы А7...А0
9...11	Выходы D00...D02
12	Общий 0В
13...17	Выходы D03...D07
18, 19	Адресные входы А12, А11
20	Вход выбора микросхемы CS
21...23	Адресные входы А10...А8
24	Напряжение источника питания, 5В

«Лог. 1» в соответствующие разряды осуществляется через элементы программирования (Е0...Е7) путем пережигания перемычек. Параметры сигналов, подаваемых на выходы D00...D07 в режиме программирования, оговорены в инструкции по программированию.

Принцип работы микросхем поясняется таблицей истинности (табл. 3),

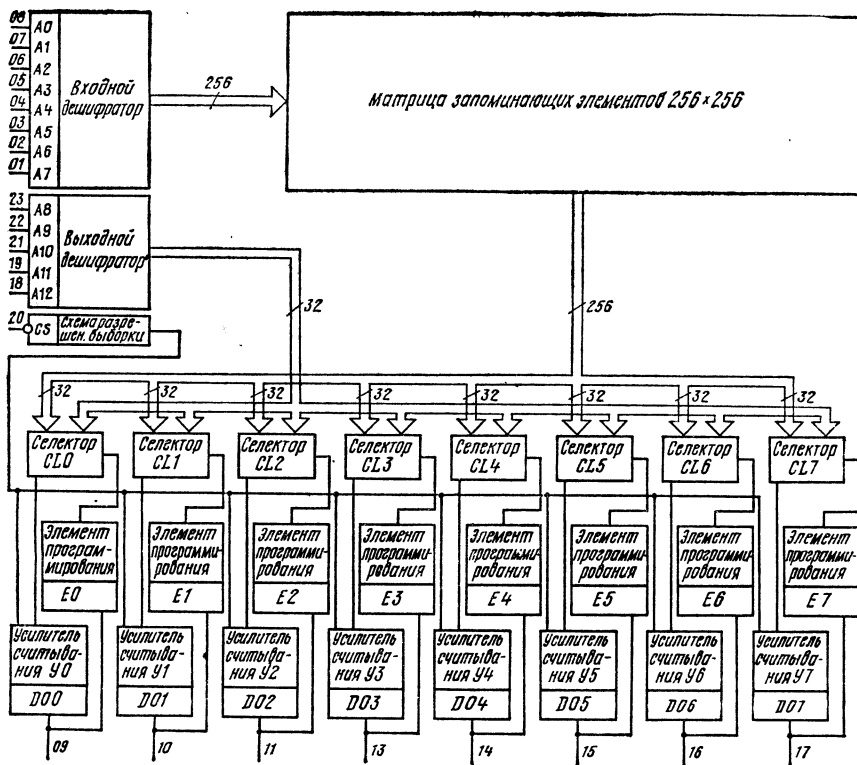


Рис. 3. Электрическая структурная схема микросхемы KP556PT16

Таблица 3
Таблица истинности микросхемы
KP556PT16

Вход \overline{CS}	Выходы D00...D07	Режим работы
0	0/1	Считывание
1	Z	Хранение

приведенной для положительной логики. В ней указаны напряжения, подаваемые на выводы микросхемы KP556PT16 при различных режимах работы. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхем показаны на рис. 4, основные электрические параметры — в табл. 4, временные параметры — в табл. 5.

Микросхема KP556PT18 представляет собой однократно программируемое ПЗУ емкостью 16К бит и организацией 2048 8-разрядных слов. Имеет выход с тремя состояниями.

Технические характеристики микросхемы приведены в табл. 6. Условное графическое обозначение дано на рис. 5, 6. Назначение выводов показано в табл. 7. Электрическая структурная схема приведена на рис. 7.

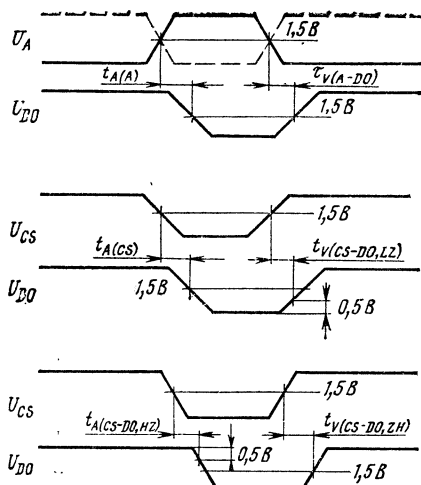


Рис. 4. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы KP556PT16

Матрица запоминающих элементов микросхемы KP556PT18 имеет организацию 128 строк на 128 столбцов. Выбор одной из 128 строк осуществляет входной дешифратор, из которого подается код адреса A4...A10. Выбранная строка (128 столбцов) содержит шестнадцать 8-разрядных слов. Выбор одного из

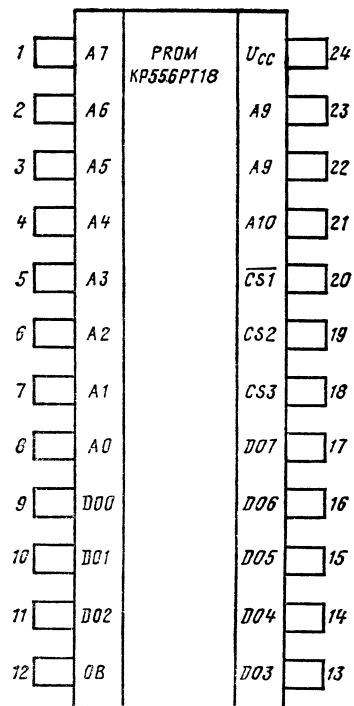


Рис. 5. Условное графическое обозначение микросхемы KP556PT18

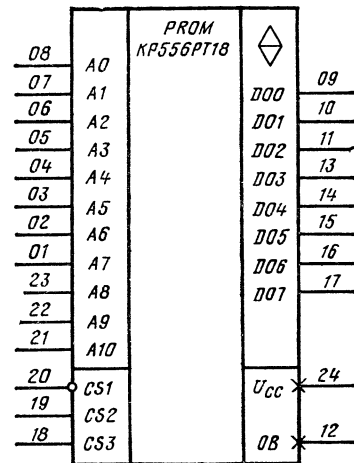


Рис. 6. Условное графическое обозначение микросхемы KP556PT18 с функциональным расположением выводов

этих слов осуществляется селекторами CL0...CL7, управляемыми выходным дешифратором. Выходной дешифратор формирует управляющие сигналы в соответствии с кодом, подаваемым на адресные входы A0...A3.

Считанное 8-разрядное слово через усилители считывания У0...У7 поступает на выходы D00...D07. Управление усилителями считывания осуществляется схемой разрешения

Таблица 4
Основные электрические параметры микросхемы КР556РТ16

Параметр, единица измерения	Обозначение	Норма	Режим измерения
Выходное напряжение низкого уровня, В, не более	U_{DOL}	0,5	$U_{CC}=3,75 В,$ $U_{IL}=0,8 В,$ $U_{IH}=2,0 В$ $I_{DOL}=15 мА$
Выходное напряжение высокого уровня, В, не менее	U_{DOH}	2,4	$U_{CC}=4,75 В,$ $U_{IL}=0,8 В,$ $U_{IH}=2,0 В,$ $I_{DOH}=2,0 мА$
Входной ток низкого уровня, мА, не менее	I_{IL}	-0,25	$U_{CC}=5,25 В,$ $U_{IH}=0,45 В$
Входной ток высокого уровня, мкА, не более	I_{IH}	40	$U_{CC}=5,2 В,$ $U_{IH}=5,5 В$
Выходной ток низкого уровня в состоянии «выключено», мкА, не менее	I_{OZL}	-100	$U_{CC}=5,25 В,$ $U_{DOL}=0,5 В$
Выходной ток высокого уровня в состоянии «выключено», мкА, не более	I_{OZH}	100	$U_{CC}=5,25 В,$ $U_{DOH}=5,25 В$
Ток потребления, мА, не более	I_{CC}	190	$U_{CC}=5,25 В$

Таблица 5
Временные параметры микросхемы КР556РТ16

Параметр	Обозначение	Норма, нс не более	Примечание
Время выборки адреса	$t_A (A)$	85	1
Время выборки сигнала выбора микросхемы	$t_A (CS)$	40	1
	$t_A (CS - DO, ZH)$	40	2
Время сохранения выходной информации после сигнала адреса	$t_V (A - DO)$	85	1
Время сохранения выходной информации после сигнала выбора микросхемы	$t_V (CS - DO, LZ)$	40	1
	$t_V (CS - DO, HZ)$	40	2

Примечания: 1. $U_{CC}=5 В$; $C_L=30 пф$; $R_{L1}=300 Ом$; $R_{L2}=620 Ом$. Сопротивление нагрузки R_{L1} включается между выводом 24 и проверяемым выходом (выводы 9...11 и 13...17); сопротивление нагрузки R_{L2} и емкость C_L — между проверяемым выходом (выводы 9...11 и 13...17) и выводом 12.
2. $U_{CC}=5 В$; $C_L=30 пф$; $R_{L2}=1000 Ом$.

выборки при поступлении на ее входы CS1...CS3 (выбор микросхемы) кода 011. Наличие трех сигналов CS упрощает построение блоков памяти большой емкости.

Для микросхем КР556РТ18 усилители считывания имеют выходы с

тремя состояниями (состояние «выключено»). Перевод выходов микросхемы КР556РТ18 в состояние «выключено» осуществляется при подаче на входы CS1...CS3 любого кода, отличного от 011.

В исходном состоянии (до про-

граммирования) в микросхемах КР556РТ18 по всем адресам и разрядам записан низкий уровень — «Лог. 0». При программировании микросхем код адреса подается на адресные входы A4...A10, а данные — на выводы D00...D07. Запись «Лог. 1» в соответствующие разряды осуществляется через элементы программирования E0...E7 путем пережигания перемычек. Параметры сигналов, подаваемых на выводы D00...D07 в режиме программирования, оговорены в инструкции по программированию.

Принцип работы микросхем поясняется таблицей истинности (табл. 8), приведенной для положительной логики. В ней указаны напряжения, подаваемые на выводы микросхемы КР556РТ18 при различных режимах работы. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхем приведены на рис. 8, основные электрические параметры — в табл. 9, временные параметры — в табл. 10.

Методика программирования. До программирования в микросхемах типа КР556РТ4А, КР556РТ11, КР556РТ12, КР556РТ13, КР556РТ14, КР556РТ15, КР556РТ16 и КР556РТ18 по всем адресам и разрядам записан низкий уровень «Лог. 0», а в микросхемах КР556РТ5 и КР556РТ17 — высокий уровень «Лог. 1». Перевод любого бита информации в состояние, отличное от исходного, производится в процессе программирования. Процесс программирования микросхем серии КР556 включает в себя запись информации и контроль электрических параметров микросхемы с записанной информацией. Структурная схема подключения микросхемы при программировании приведена на рис. 9.

Для записи информации на выходы микросхемы подаются две серии импульсов, обеспечивающие нормальный и дополнительный режимы записи (табл. 11). Первая серия импульсов соответствует нормальному режиму записи. Затем следует дополнительный режим записи, который, в отличие от нормального, имеет другое число импульсов программирования. В цикл программирования микросхем включаются задание исходного состояния микросхемы, запись информации (нормальный и дополнительный режимы записи) и контроль электрических параметров микросхемы с записанной информацией.

Если при контроле электрические параметры микросхемы соответствуют нормам ТУ, то микросхемы считаются запрограммированными. Если после окончания второй серии импульсов (дополнительный режим записи) информация в микросхему не записалась, микросхему бракуют. В каждом цикле программируется

Технические характеристики микросхемы КР556РТ18

Условное обозначение микросхемы	Функциональное соответствие	Основные технические характеристики				Корпус	Номер ТУ
		информационная емкость, бит, и организация, слов/разряд	время выборки, нс	ток потребления, мА	тип выхода		
КР556РТ18	HM76161-5	16К (2К×8)	60	180	ТС	239.24-2	6К0.348.322-18 ТУ

Таблица 7

Назначение выводов микросхемы КР556РТ18

Вывод	Назначение
1...8	Адресные входы А7...А0
9...11	Выходы D00...D02
12	Общий 0В
13...17	Выходы D03...D07
18, 19	Входы выбора микросхемы CS3, CS2
20	Вход выбора микросхемы CS1
21...23	Адресные входы А10...А8
24	Напряжение источника питания, 5 В

Таблица 8

Таблица истинности микросхемы КР556РТ18

Входы			Выход D00...D07	Режим работы
CS1	CS2	CS3		
0	1	1	0/1	Считывание
Любая комбинация, не совпадающая с предыдущей			Z	Хранение

только один разряд выбранного слова. Временная диаграмма программирования микросхем показана на рис. 10.

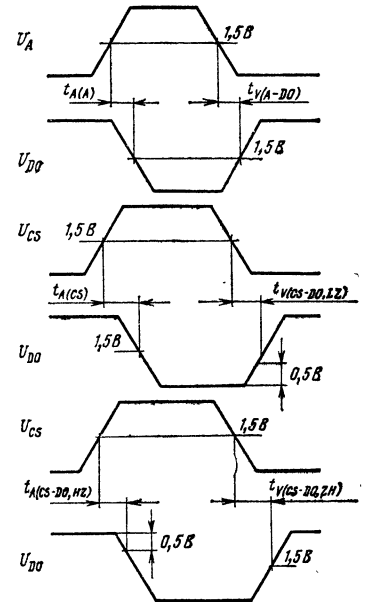


Рис. 8. Уровни отсчета входных и выходных параметров микросхемы КР556РТ18

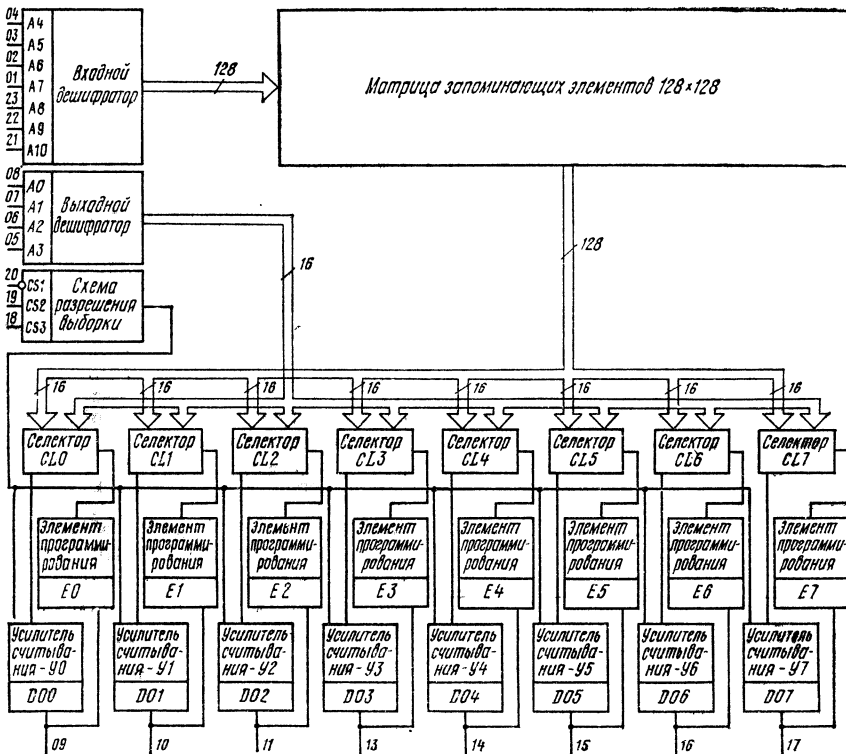


Рис. 7. Электрическая структурная схема микросхемы КР556РТ18

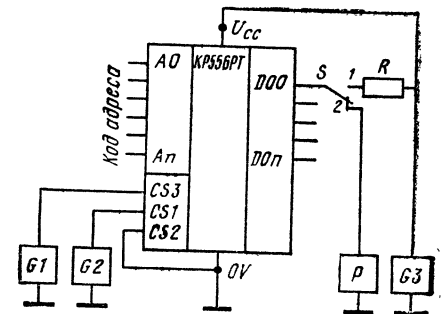


Рис. 9. Структурная схема подключения микросхем серии КР556 при программировании:

G1 — генератор постоянного напряжения; G2, G3 — генераторы импульсного напряжения; P — контрольное устройство; S — переключатель (1 — режим программирования, 2 — режим контроля электрических параметров микросхем с записанной информацией); R — резистор сопротивлением $620 \text{ Ом} \pm 5\%$ при напряжении генератора G3, равном 12,5 В

Таблица 9

Основные электрические параметры микросхемы КР556РТ18

Параметр, единица измерения	Обозначение	Норма	Режим измерения
Выходное напряжение низкого уровня, В, не более	U_{DOL}	0,5	$U_{CC}=4,75 В,$ $U_{IL}=0,8 В,$ $U_{IH}=2,0 В$ $I_{DOL}=15 мА$
Выходное напряжение высокого уровня, В, не менее	U_{DOH}	2,4	$U_{CC}=4,75 В,$ $U_{IL}=0,8 В,$ $U_{IH}=2,0 В,$ $I_{DOH}=-2,0 мА$
Входной ток низкого уровня, мА, не менее	I_{IL}	-0,25	$U_{CC}=5,25 В,$ $U_{IL}=0,45 В$
Входной ток высокого уровня, мА, не более	I_{IH}	40	$U_{CC}=5,25 В,$ $U_{I(A)}=5,25 В$
Выходной ток низкого уровня в состоянии «выключено», мкА, не менее	I_{OZL}	-100	$U_{CC}=5,25 В,$ $U_{DOL}=0,5 В$
Выходной ток высокого уровня в состоянии «выключено», мкА, не более	I_{OZH}	100	$U_{CC}=5,25 В,$ $U_{DOH}=5,25 В$
Ток потребления, мА, не более	I_{CC}	180	$U_{CC}=5,25 В$

Таблица 10

Временные параметры микросхемы КР556РТ18

Параметр	Параметр	Норма, нс, не более	Примечание
Время выборки адреса	$t_A(A)$	60	1
Время выборки сигнала выбора микросхемы	$t_A(CS)$	40	1
	$t_A(CS - DO, HZ)$	40	2
Время сохранения выходной информации после сигнала адреса	$t_V(CA - DO)$	60	1
Время сохранения выходной информации после сигнала выбора микросхемы	$t_V(CS - DO, LZ)$	40	1
	$t_V(CS - DO, ZH)$	40	2

Примечания: 1. $U_{CC}=5 В$; $C_L=30 пф$; $R_{L1}=300 Ом$; $R_{L2}=620 Ом$. Сопротивления нагрузки R_{L1} включается между выводом 24 и проверяемым выходом (выводы 9...11, 13...17); сопротивление нагрузки R_{L2} и емкость C_L — между проверяемым выходом (выводы 9...11, 13...17) и выводом 12.

2. $U_{CC}=5 В$; $C_L=30 пф$; $R_{L2}=1000 Ом$.

Исходное состояние. До программирования (для обеспечения исходного состояния микросхемы) необходимо в соответствии с таблицей назначения выводов (табл. 12) выполнить следующие операции:
общий вывод микросхемы (ОВ) заземлить;
на вывод питания (U_{CC}) подать

напряжение низкого уровня $U_{IL}=0...0,5 В$ (для микросхем типа КР556РТ5 и КР556РТ17 при программировании выводы 22 и 24 объединяются);

на входы выбора микросхемы подать код, определяемый режимом контроля (считывания) информации в соответствии с табл. 13;

на все выходы ($D00...D0_n$) подать напряжение высокого уровня $U_{IH}=4...5,5 В$; допускается подавать напряжение $5\pm 0,5 В$ через резистор $R=300 Ом...1 кОм$;

Запись информации. Нормальный и дополнительный режимы записи информации обеспечиваются при условии подачи на выходы микросхем необходимых напряжений. Для записи одного бита информации необходимо выполнить следующую последовательность подачи напряжений:

1. На адресные входы ($A0...A_n$) подать напряжение низкого уровня $U_{IL}=0...0,5 В$ и напряжение высокого уровня $U_{IH}=4...5,5 В$ в соответствии с кодом адреса слова, в которое записывается информация.

2. Напряжение источника питания U_{CC} повысить с $U_{IL}=0...0,5 В$ до $5\pm 0,5 В$.

3. На вход выбора микросхемы, участвующий в программировании (см. табл. 2), подать напряжение высокого уровня $U_{IH}=4...5,5 В$.

4. На все выходы ($D00...D0_n$), кроме программируемого, подать напряжение высокого уровня $U_{IH}=4...5,5 В$.

5. Напряжение источника питания U_{CC} повысить с $5\pm 0,5 В$ до $12,5\pm 0,5 В$; ток, обеспечиваемый источником программирования, должен быть не менее 600 мА.

Одновременно такое же напряжение через резистор $R=620 Ом$ подать на программируемый выход, соответствующий первому разряду, в который записывается информация. На остальных выходах поддерживается напряжение $4...5,5 В$.

6. Напряжение источника питания U_{CC} снизить до $0...0,5 В$; одновременно снять напряжение с программируемого выхода.

7. Напряжение на входе выбора микросхемы, участвующего в программировании, понизить до $U_{IL}=0...0,5 В$.

Перечисленные в п. 1—7 операции повторяют для всех программируемых разрядов слова. По окончании цикла записи слова проводят контроль правильности записанной информации, для чего напряжение источника питания устанавливают равным $5\pm 0,5 В$, производят цикл считывания и контроль правильности записанной информации в данное слово.

Допускается контроль информации после записи информации в каждый бит. Время воздействия напряжения питания при контроле записан-

Параметры импульсов программирования

Параметр, единица измерения	Обозначение	Значение параметра		
		мин.	макс.	рекомендуемое
Нормальный режим записи информации: длительность импульсов программирования, мкс	τ_1	25	100	25
число импульсов программирования на один бит	N_1	1000	4000	1000
Скважность программирующих импульсов	Q	5	20	10
Время установления адресных входов относительно напряжения питания, мкс	t_1	1	—	
Время установления напряжения питания относительно запрета выборки, мкс	t_2	1	—	
Время установления запрета выборки относительно напряжения программирования, мкс	t_3	1	10	
Время сохранения выборки относительно напряжения питания, мкс	t_4	1	5	
Время задержки строба импульса контроля относительно входа разрешения выборки, мкс	t_5	1	—	
Длительность фронта и спада импульса (на уровне 0,1 и 0,9 от амплитуды импульса), нс	t_ϕ	300	3000	
Время задержки выходного импульса относительно напряжения питания	t_6	0	5	0
Дополнительный режим записи информации: длительность импульсов программирования, мкс	τ_2	25	100	25
число импульсов программирования	N_2	40	100	60

Примечания: 1. $Q = \frac{T_p}{t_{пр}}$, где T_p — период программирующих импульсов;
 $t_{пр}$ — время воздействия напряжения питания.
 2. Все временные параметры должны быть выдержаны с точностью $\pm 10\%$.

ной информации должно быть минимальным. Допускается по окончании цикла записи информации в одно слово напряжение питания $U_{сц}$ понижать с 12,5 В до $5 \pm 0,5$ В, совмещая конец цикла записи информации с началом цикла контроля.

Микросхемы с записанной информацией рекомендуется подвергать электротермотренировке (ЭТТ). Схема подключения микросхем при ЭТТ приведена на рис. 11. При ЭТТ производится считывание информации с частотой 50 Гц...1 МГц последовательно по всем адресам.

КРАТКОЕ СООБЩЕНИЕ

УДК 681.3.06

В. П. Гонтаренко, Ю. А. Пупин

СИСТЕМА ПОДГОТОВКИ ПРОГРАММ МИКРОПРОЦЕССОРА КР580ИК80 НА БАЗЕ МИКРОЭВМ «ЭЛЕКТРОНИКА ДЗ-28»

Разработана кросс-система на ассемблере широко распространенной микроЭВМ «Электроника ДЗ-28», предназначенная для отладки программ, написанных в мнемосодах микропроцессора КР580ИК80.

С помощью данной кросс-системы пользователь может вводить текст отлаживаемой программы, просматривать его на дисплее и редактировать, получать транслированную программу, моделировать ее выполнение, записывать и загружать с магнитной ленты текст программы. При вводе текста программы с клавиатуры контролируется синтаксис мнемоники команд, а при трансляции — операнды с выдачей пользователю списка обнаруженных ошибок. При моделировании программ, которое может выполняться как пошагово, так и автоматически (с возможностью задания адреса останова), для контроля правильности их функционирования система при остановках выдает на дисплей содержимое регистров микропроцессора. Преобразование данных в ОЗУ системы можно контролировать в режиме прямого доступа к памяти. Отлаженные программы документируются: пользователь получает листинг транслированной программы с указанием мнемоники каждой команды, ее абсолютного адреса и двоичных кодов. Объем ОЗУ моделируемой системы составляет 10К байт; объем памяти, занимаемой кросс-системой, — 11,5К байт. Подключив к микроЭВМ «Электроника ДЗ-28» программатор РПЗУ, можно записать в него транслированную программу. В кросс-систему при этом должна быть включена подпрограмма для обслуживания программатора.

Моделирующая программа реализована в машинных кодах микроЭВМ «Электроника ДЗ-28»; этим достигается высокое быстродействие выполнения программ микропроцессора. Кросс-система принята в отраслевой фонд алгоритмов и программ (НИВЦ МГУ) с инвентарным № 50860000771 от 17.07.86.

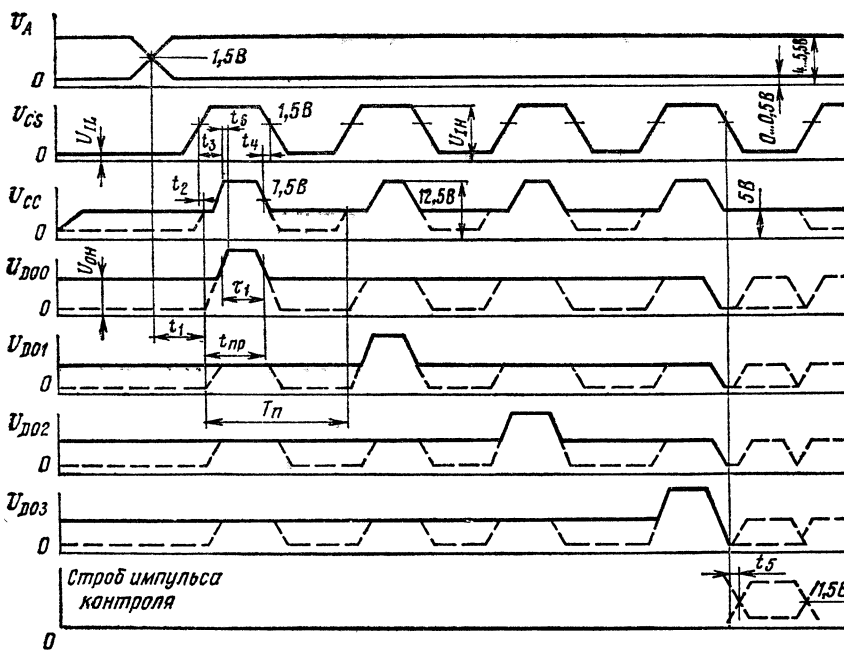


Рис. 10. Временная диаграмма программирования микросхем серии KP556

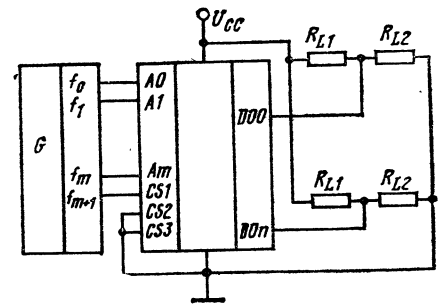


Рис. 11. Схема подключения микросхем серии KP556 при электротермотренировке:

U_{CC} — источник постоянного напряжения; G — многоканальный генератор прямоугольных импульсов; параметры импульса: амплитуда 2,4...4,5 В; скважность 2; длительность фронта ≤ 100 нс. Импульсы с генератора G подаются на адресные входы микросхемы, начиная с $A0$ до A_m в следующей последовательности: $f_0=50\text{Гц} \dots 1\text{МГц}$, $f_1=f_0/2$, $f_m=f_0/2^m$, где m — старший разряд адреса микросхемы. На выходы CS подается частота $f=f_0/2^m+1$; $R_{L1}=300 \text{ Ом} \pm 5\%$; $R_{L2}=620 \text{ Ом} \pm 5\%$

Таблица 12

Назначение выводов микросхем серии KP556

Микросхема	Адресные входы												Выходы							Входы выбора микросхемы				OC-шн	OB	UCC	
	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	D00	D01	D02	D03	D04	D05	D06	D07	CS1	CS2				CS3
KP556PT4A, KP556PT11	5	6	7	4	3	2	1	15	—	—	—	—	12	11	10	9	—	—	—	—	13	14	—	—	8	16	
KP556PT5, KP556PT17	8	7	6	5	4	3	2	1	23	—	—	—	9	10	11	13	14	15	16	17	18	19	20	21	12	24	
KP556PT12, KP556PT13	5	6	7	4	3	2	1	17	16	15	—	—	14	13	12	11	—	—	—	—	8	10	—	—	9	18	
KP556PT14, KP556PT15	5	6	7	4	3	2	1	17	16	15	8	—	14	13	12	11	—	—	—	—	10	—	—	—	9	18	
KP556PT16	8	7	6	5	4	3	2	1	23	22	21	19	18	9	10	11	13	14	15	16	17	20	—	—	—	12	24
KP556PT18	8	7	6	5	4	3	2	1	23	22	21	—	—	9	10	11	13	14	15	16	17	20	19	18	—	12	24

Таблица 13

Коды режима контроля информации

Микросхема	Контроль (считывание)				Запись (программирование)			
	CS1	CS2	CS3	CS4	CS1	CS2	CS3	CS4
	KP556PT4A, KP556PT11	0	0	—	—	1	0	—
KP556PT5, KP556PT17	0	0	1	1	1	0	1	1
KP556PT12, KP556PT13	0	0	—	—	0	1	—	—
KP556PT14, KP556PT15	0	—	—	—	1	—	—	—
KP556PT16	0	—	—	—	1	—	—	—
KP556PT18	0	1	1	—	1	1	1	—

Микросхемы, у которых в процессе ЭТ произошла потеря записанной информации, можно программировать повторно. После повторной записи информации микросхемы вновь подвергаются ЭТ, после чего вновь контролируется запись информации. При повторном незапрограммировании микросхемы должны быть забракованы.

Подготовила Воробьева Н. Н., тел. 536-57-55, Москва.

Статья поступила 18 марта 1987 г.

УДК 681.3-181.4

Бокарев А. В., Гаморин М. Ю., Кабанов А. И. БИС адаптера магистралей СМ ЭВМ и микроЭВМ «Электроника 60» /- Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 3.

Описана БИС К1801ВП1-054 сопряжения магистралей МПИ и «общая шина». БИС формирует временные последовательности сигналов интерфейсов МПИ и ОШ при выполнении операций: запись, чтение, чтение — модификация — запись, захват магистралей, передача вектора прерывания.

УДК 681.3-181.4

Бокарев А. В., Гаморин М. Ю., Кабанов А. И. Адаптер магистралей МПИ — ОШ // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 6.

Рассмотрен модуль обмена данными между микроЭВМ «Электроника 60» и устройствами с интерфейсом ОШ. Модуль размещен на типовой плате микроЭВМ «Электроника 60». Основу адаптера составляет БИС К1801ВП1-054.

УДК 681.3.06-181.4

Громов Г. Р. Игровая компонента персональной ЭВМ: стимулятор творчества, педагогический прием, жанр киноискусства // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 7.

Обсуждаются истоки и основные тенденции развития нового направления в информационной технологии — компьютерных игр. Приводятся их классификация и основные области профессиональных приложений. Подчеркивается особая социальная значимость феномена компьютерных игр в качестве нового жанра искусства — мощного средства прямого воздействия на эмоциональную сферу миллионов людей.

УДК 681.3.06-181.4

Пажитнов А. Л. Логическая структура компьютерной игры // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 11.

Структура типичной компьютерной игры анализируется с точки зрения ее внутреннего устройства и ее функционирования во время игрового взаимодействия.

УДК 681.322.1

Кочетков Г. В. Нужен ли компьютер дома? // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 13.

Анализируя общественные потребности в бытовых персональных ЭВМ, автор предлагает общую стратегию их внедрения в быт.

УДК 681.8:681.3

Тангян А. С. Музыкальная информатика: средства и перспективы // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 35.

Раскрывается содержание понятия музыкальная информатика. Дается обзор сфер приложения вычислительной техники в музыке, начиная с 50-х годов.

УДК 681.8 : 681.3

Кузнецов А. И., Михайлова Н. Н. Системотехника компьютерных музыкальных синтезаторов // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 38.

Одним из результатов развития цифровой электроники, цифровых методов обработки информации и цифровой звукотехники явилось создание компьютерных музыкальных синтезаторов (КМС). В обзоре в краткой форме изложена история возникновения КМС, рассмотрены наиболее распространенные алгоритмы функционирования КМС, структура и информационные потоки между функциональными элементами КМС, структура и принципы построения спецпроцессоров, входящих в состав КМС.

УДК 681.3-181.4.

Bokarev A. V., Gamorin M. Yu., Kabanov A. I. QBUS/UNIBUS bus adapter chip // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 3.

Technical data for QBUS/UNIBUS bus adapter LSI type K1801VP1-054 are given. The chip performs proper timing for QBUS and UNIBUS lines during Read, Read—Modify—Write and Write operations as well as Direct Memory Access and Interrupt Vector transmission.

УДК 681.3-181.4

Bokarev A. V., Gamorin M. Yu., Kabanov A. I. QBUS/UNIBUS bus adapter card // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 6.

The article presents QBUS/UNIBUS adapter card for data exchange between «Electronika 60» and UNIBUS-based computers. The adapter module is implemented on standard «Electronika 60» printed circuit card and utilizes K1801VP1-054 bus adapter chip.

УДК 681.3.06-181.4

Gromov G. R. Game feature of the personal computer: creative work stimulator, pedagogical tool, art genre // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 7.

The origin and principal tendencies of development of computer games as a novel phenomenon in informatic technology are discussed. The author draws attention to specific social meaning of computer game phenomenon as a new art genre, having a powerful potential of imposing direct emotional impression onto millions of people.

УДК 681.3.06-181.4

Pajithov A. L. Logical structure of computer game // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 11.

The structure of common-type computer game is examined from the point of view of its internal logic and its operation during interactive play session.

УДК 681.322.1

Kochetkov G. V. Is computer useful at home? // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 13.

Having analysed public need in home personal computers, the author proposes general strategy for computer applications at home.

УДК 681.8:681.3

Tangyan A. S. Musical informatics: tools and prospects // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 35.

The meaning of the term «Musical informatics» is explained. The author gives the survey of computer applications in music art since 50-ties.

UDC 681.8:681.3

Kuznetsov A. I., Michailova N. N. System design of Computer Music Instruments // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 38.

Computer Music Instruments (CMI) appeared as the result of recent progress in digital electronics, digital signal processing and digital audio technology. The survey covers in brief the history of CMI development, most common algorithms for signal processing in CMI, their structure and data streams between functional units of digital synthesizers, as well as general architecture and principles of specialized processors used for high-speed data processing in CMI.

УДК 681.8:681.3

Барышненков Ю. Н., Белкин Б. Г., Гордон М. Г. Микропрограммируемый процессор — инструмент звукорежиссера // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 45.

Представлена цифровая электроакустическая система, разработанная в лаборатории акустики НИКФИ. Подробно описан специализируемый 8-разрядный быстродействующий процессор. Показано, что набором специализируемых процессоров под управлением соответствующего программного обеспечения можно решить многие задачи, возникающие в аппаратной звукорежиссера.

УДК 681.8:681.3

Лукьянов Д. А., Михайлова Н. Н. МИДИ — сетевой интерфейс музыкальных систем // Микропроцессорные средства и системы.—1987. 2—№ 3.—С. 50.

Рассмотрен цифровой интерфейс музыкальных инструментов МИДИ, включающий стандарт на аппаратную часть и протокол обмена информацией.

УДК 681.8:681.3

Родионов А. В. Персональный компьютер в музыкальном творчестве // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 53.

Предпринята попытка систематизации объектов музыкального творчества, которые могут быть автоматизированы средствами компьютерной техники. Приведено описание одной из современных и широко распространенных музыкальных компьютерных систем, реализованных на персональном компьютере YAMAHA.

УДК 681.326-181.4

Семенов П. А., Федоров С. Н., Миронова Э. И., Егорова Э. В. Микрокомпьютерная система на базе МПК БИС КР580 для автоматической обработки биосигналов глаза // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 62.

Даются технические характеристики микрокомпьютерной системы на базе МПК БИС КР580 для автоматической обработки в режиме реального времени биосигналов глаза. Программное обеспечение — фоновое-оперативное (с графическим монитором).

УДК 612.822.3

Бородкин С. М., Лукьянов В. И., Зайцев В. А., Тетерина Е. А. Микрокомпьютерные средства контроля состояния мозга // Микропроцессорные средства и системы.—1987.—№ 3.—С. 67.

Дается общее описание двух микрокомпьютерных систем для контроля функционального состояния мозга по данным спонтанной и вызванной биоэлектрической активности. Первая система представляет собой четырехканальный спектрально-когерентно-фазовый анализатор ЭЭГ в реальном масштабе времени на базе микроЭВМ «Электроника 60». Вторая система, реализованная на микроЭВМ «Искра 226.6», служит для выделения, накопления и анализа вызванных в ответ на внешние стимулы биопотенциалов мозга.

UDC 681.8:681.3

Baryshnenkov Yu. N., Belkin V. B., Gordon M. G. Microprogrammable processor as the instrument for sound engineer // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 45.

The authors present digital audio system designed in the laboratory of electroacoustics of NIKFI. The detailed description of high-speed 8-bit audio processor is given. It is shown that a set of such specialized processors under the control of the appropriate software may solve most problems which appear in the recording room.

UDC 681.8:681.3

Lukyanov Dm. A., Michailova N. N. MIDI — the local network interface for music systems // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 50.

The article explains operation of MIDI — Musical Instrument Digital Interface, the international standard defining both hardware and data exchange protocol in digital music systems.

UDC 681.8:681.3

Rodionov A. V. Personal computer in musical creative work // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 53.

The effort to classify elements of music art, which may be automated with the aid of computer, is undertaken. The description of wide-spread computer-aided music systems incorporating YAMAHA MSX personal computer is given.

UDC 681.326-181.4

Semenov P. A., Fedorov S. N., Mironova E. M., Egorova E. V. Microcomputer system for automatic processing of eye biosignals using KP580 microprocessor family // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 62.

The technical features of microcomputer system based on microprocessor family KP580 which was used for automatic processing of eye bioelectric signals are presented. The foreground-background system software supports graphic terminal.

UDC 612.822.3

Borodkin S. M., Lukyanov V. I., Zaitsev V. A., Teterina E. A. Microcomputer devices for brain state monitoring // Microprocessor devices and systems.—1987.—No 3.—p. 67.

The general description of two microcomputer systems for brain functional state monitoring by means of spontaneous and stimulated bioelectric activity measurement. The first system performs four-channel real-time spectral-phase-coherence EEG analysis and is based on «Elektronika 60» microcomputer. The second one uses «Iskra 226.6» computer and performs selection, accumulation and analysis of the stimulated bioelectrical response of brain.

Главный редактор
А. П. ЕРШОВ

Редакционная
коллегия:

А. Г. Алексенко
В. В. Бойко
В. М. Брябрин
К. А. Валиев
Г. Р. Громов
(ответственный секретарь)
В. И. Иванов
М. Б. Игнатьев
А. В. Каляев
С. С. Лавров
В. В. Липаев

Б. Н. Наумов
(зам. главного редактора)
С. М. Пеленов
(зам. главного редактора)
А. К. Платонов
Д. А. Поспелов
Ю. А. Чернышев
В. А. Чиганов
И. И. Шагуриин
Редакционный
совет:
Ю. Е. Антипов
Р. Л. Ашастин
Е. П. Велихов
Н. Н. Говорун
В. И. Жильцов

Г. И. Кавалеров
И. И. Малашинин
В. А. Мясников
Ю. Е. Нестерихин
И. В. Прангишвили
Л. Н. Пресухин
В. И. Скурихин
В. Б. Смолов
Ю. М. Соломенцев
В. И. Хохлов
Н. Н. Шереметьевский
Номер подготовили:
Г. Г. Глушкова,
В. М. Ларионова,
С. С. Матвеев, Е. И. Бабич
Фото О. В. Чиркина

Адрес редакции журнала:
103051, Москва, Малый Сухаревский пер., 9^а
Телефон: 208-73-23

Сдано в набор 15.05.87 Т-10225
Подписано к печати 02.07.87
Формат 84×108^{1/16}. Бумага № 1.
Высокая печать. Усл. печ. л. 10,08.
Уч. изд. л. 14,3. Тираж 90 380 экз.
Заказ 112. Цена 1 р. 10 к.
Орган Государственного комитета СССР по вычислительной технике и информатике
Московская типография № 13 ПО «Периодика» ВО «Союзполиграфпром» Государственного комитета СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли.
107005, Москва, Б-5, Денисовский пер., д. 30

МИКРОКОМПЬЮТЕРНЫЕ СРЕДСТВА

КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МОЗГА

(к ст. С. М. Бородкина, В. И. Лукьянова, В. А. Зайцева, Е. А. Тетериной)

„НЕЙРО-1”



Монитор функционального состояния мозга (по данным спонтанной биоэлектрической активности). На экране дисплея — спектр мощности колебаний.



Комплекс для выделения вызванных биопотенциалов мозга.

ВНИМАНИЕ! ИДЕТ ПОДПИСКА НА 1988 ГОД

Подписка на журнал «Микропроцессорные средства и системы» принимается отделениями «Союзпечать» без каких-либо ограничений на всей территории Советского Союза, а за рубежом — в отделениях «Межкнига».

Журнал позволит Вам первыми узнавать о новинках в области микропроцессорной техники, а также регулярно знакомиться со схемами и примерами программ для самостоятельного создания конкретных устройств автоматизации на базе микроЭВМ и микропроцессоров.

За первые четыре года издания журнал стал настольным, рабочим пособием для профессионалов в области ЭВМ и программирования и вызвал активный практический интерес у самого широкого круга специалистов отраслей народного хозяйства, делающих первые шаги в новый для них мир микропроцессорных средств автоматизации.

Циклы статей из раздела «Учебный центр» помогут Вам на простых примерах практически освоить поистине неисчерпаемые возможности микропроцессорной техники.

На страницах журнала регулярно обсуждаются актуальные проблемы программирования, новейшие тенденции развития информационной технологии. Дискуссии ученых и специалистов по наиболее острым проблемам развития вычислительной техники помогают читателям контролировать «горячие точки» науки и технологии в этой бурно развивающейся области.

Напоминаем, что **в розничную продажу журнал не поступает**, а достать его в библиотеке, как утверждают читатели, оказывается весьма не просто.

Журнал «Микропроцессорные средства и системы» — Ваш первый путеводитель в мир микропроцессорной техники — мир техники будущего. Не забудьте своевременно оформить подписку на 1988 год!

Наш индекс по каталогу «Союзпечать» — 70588. Цена одного комплекта журналов (шесть номеров) — 6 руб. 60 коп.