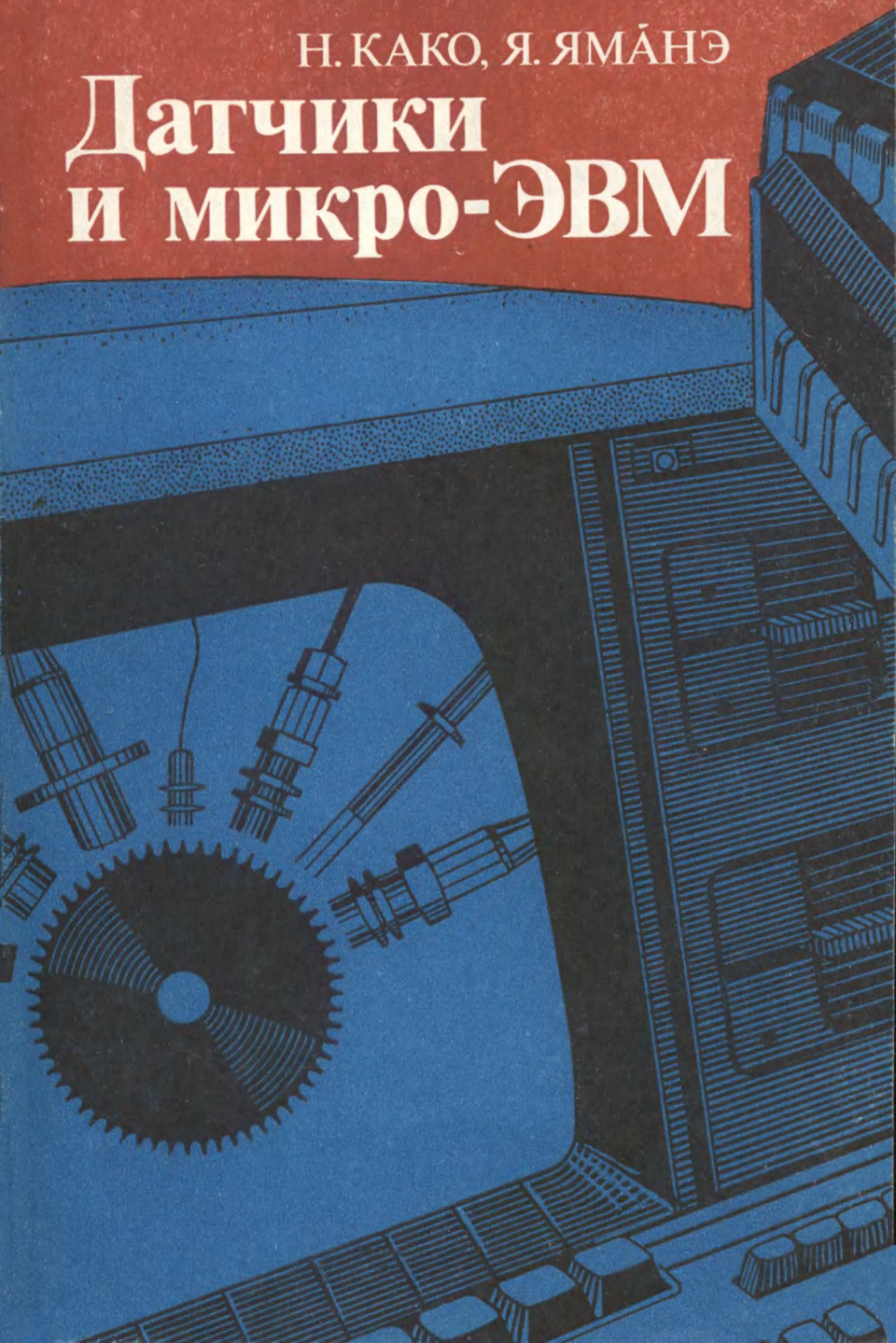


Н. КАКО, Я. ЯМАНЭ

Датчики и микро-ЭВМ



Н. КАКО, Я. ЯМАНЭ

Датчики и микро-ЭВМ

Перевод с японского Г. Н. Горбунова



Ленинград
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ
Ленинградское отделение
1986

ББК 32.973

К 16

УДК 681.586:681.32—181.48

エレクトロニクス文庫

マイコンとセンサによる アイデアの基礎

工博 鈴木忠二 編

Како Н., Яманэ Я.

К 16 Датчики и микро-ЭВМ: Пер. с япон. — Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1986. — 120 с.: ил.

Рассматриваются различные типы датчиков, их устройство, классификация по принципу действия и сферам применения. Описываются схемы сопряжения датчиков с микро-ЭВМ. Приводятся конкретные примеры использования системы «датчик—микро-ЭВМ» (кондиционер, СВЧ-печь, автомобиль, измеритель влажности зерна, автоматическая домашняя система, интеллектуальный робот, медицинская диагностическая установка и др.).

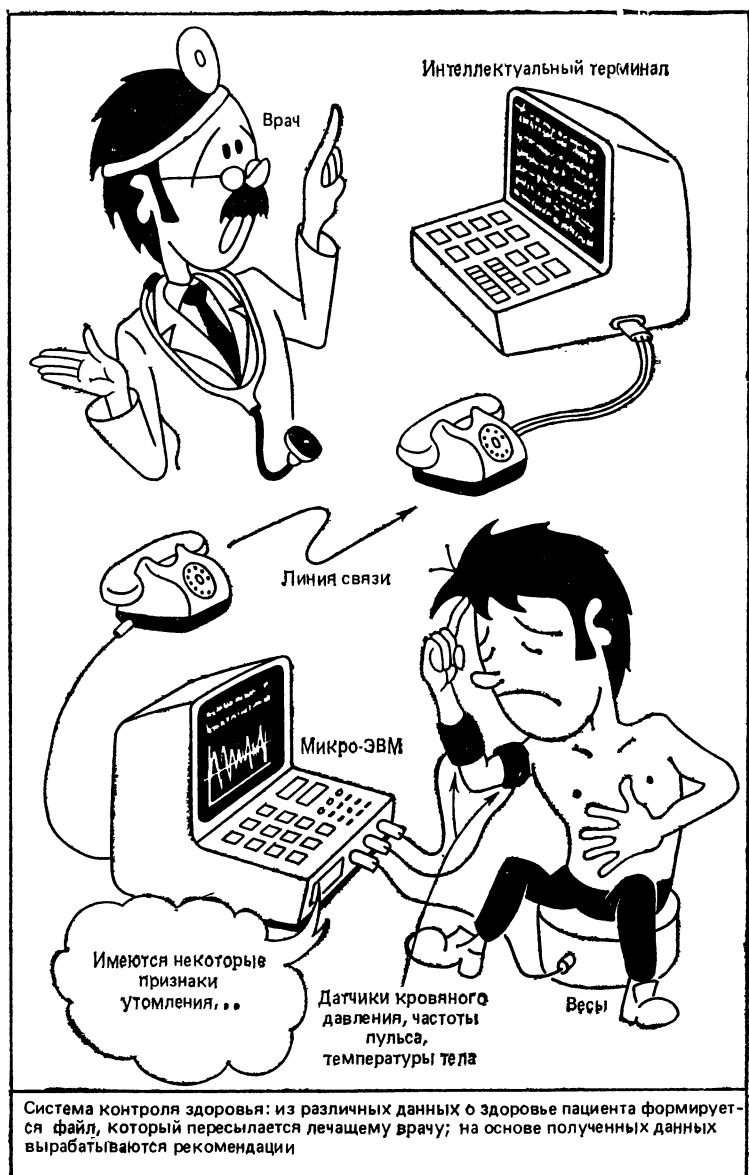
Для любителей, интересующихся электроникой, внедрением простых, надежных и экономичных автоматизированных систем во всех областях жизни.

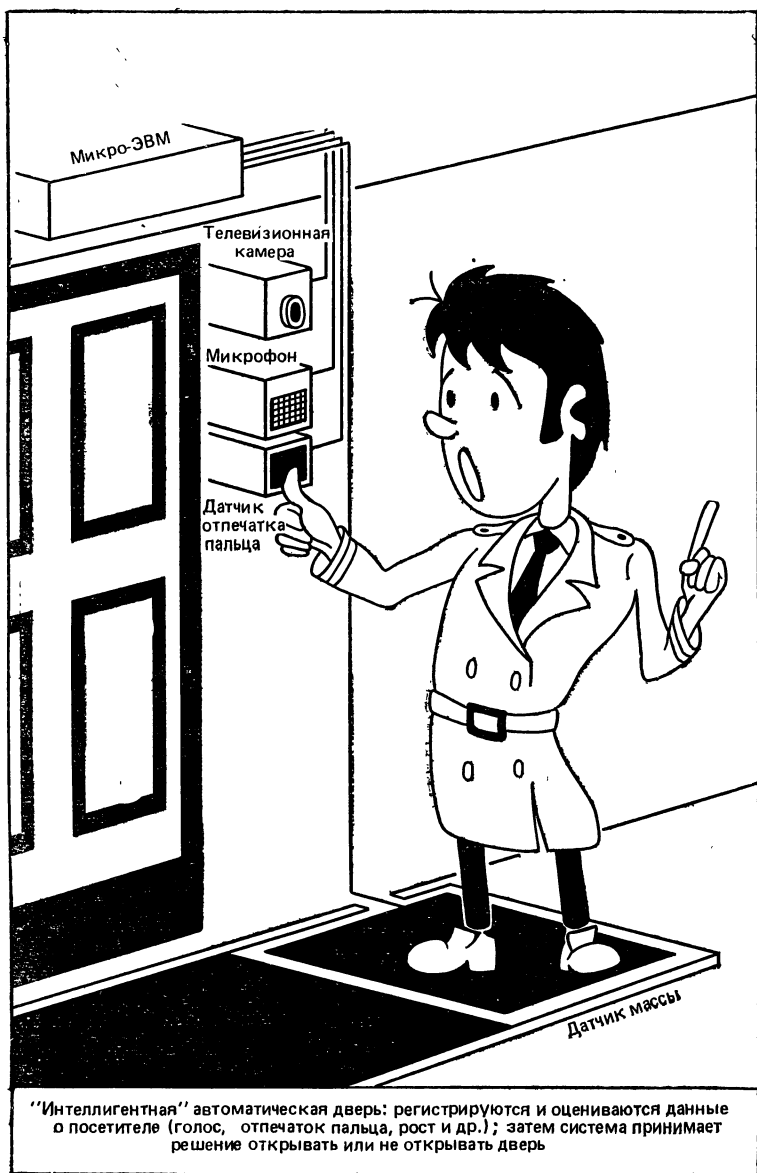
К $\frac{2405000000-134}{051(01)-86}$ 278—86

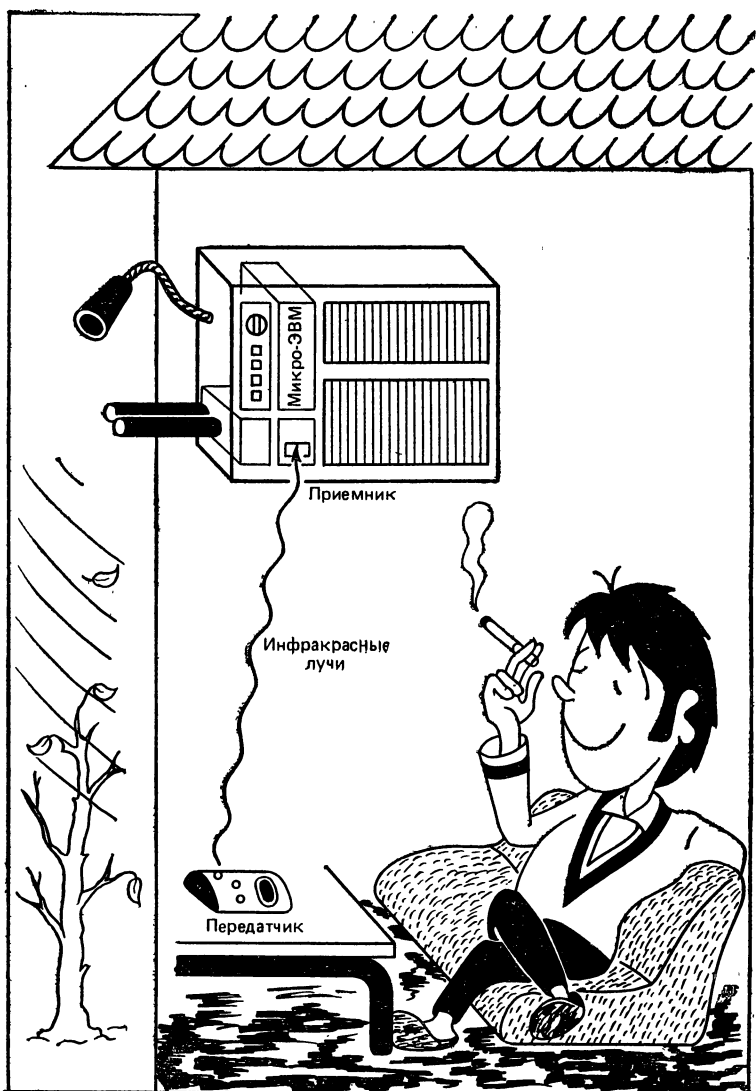
ББК 32.973

© オーム社

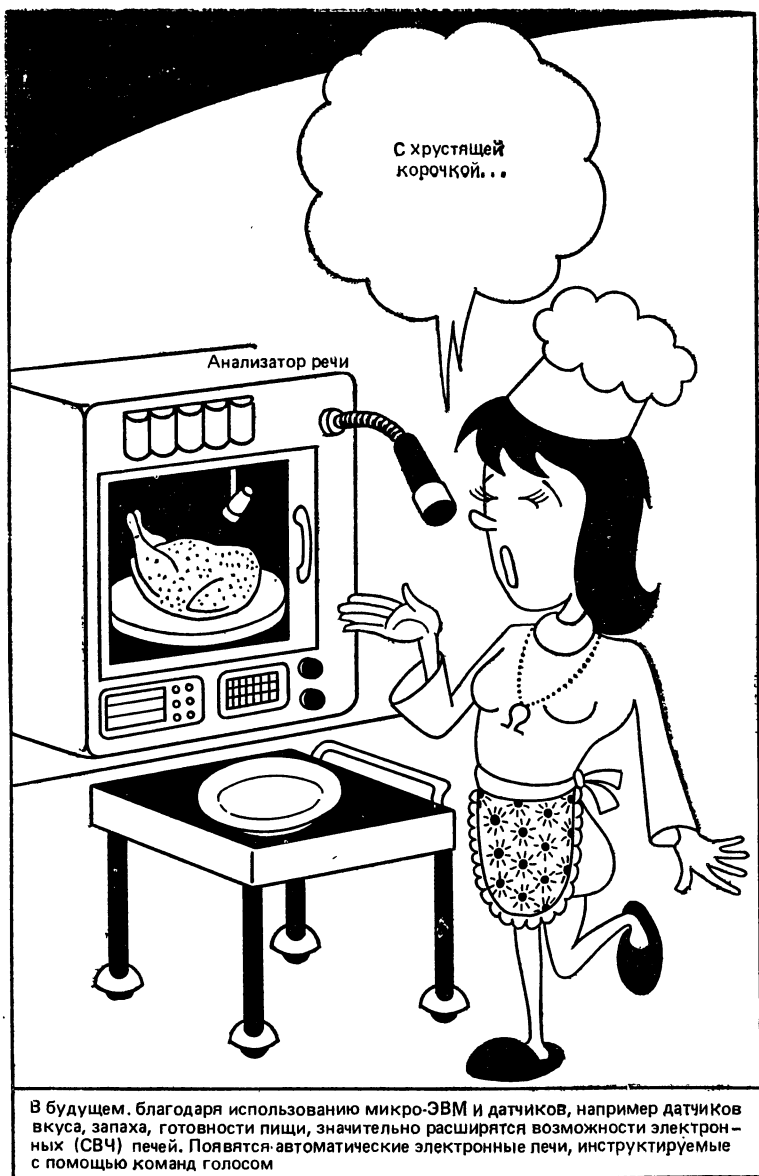
© Перевод на русский язык,
Энергоатомиздат, 1986







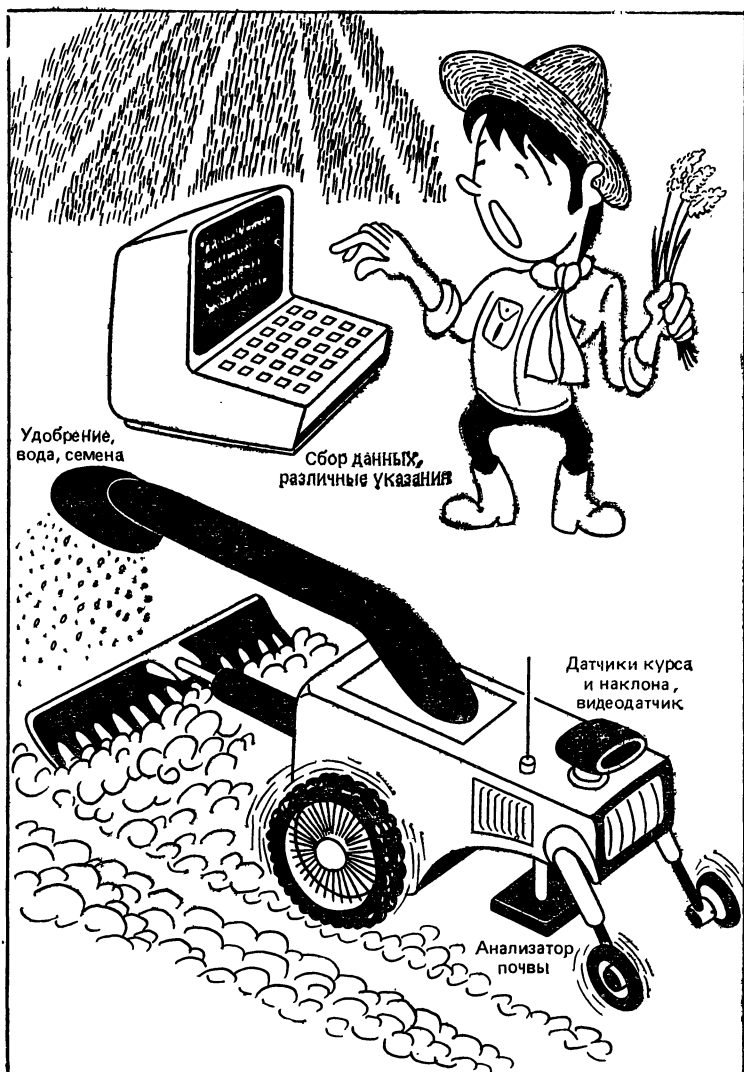
Воздушный кондиционер, снабженный датчиками: с помощью наружных и внутренних (в передатчике) датчиков температуры и влажности в помещении поддерживаются оптимальные условия; при загрязнении воздуха автоматически, по сигналу специального датчика включается вентиляция





Появятся автоматические пылесосы, которые при уборке будут сами обходить стены и другие препятствия, а кроме того, с помощью микро-ЭВМ регулировать силу всасывания в зависимости от вида мусора и количества пыли





Автоматические роботы для возделывания земли (безлюдная сельскохозяйственная индустрия) : выбирается и разбрасывается оптимальное удобрение в соответствии с отслеживаемым качеством почвы в заданной зоне и т.д.

ПРЕДИСЛОВИЕ ПЕРЕВОДЧИКА

Немногим более десяти лет тому назад, когда появились первые микропроцессоры и микро-ЭВМ, трудно было представить, что вычислительная техника станет действительно массовым явлением, выйдет за стены научно-исследовательских институтов и производственных предприятий, станет доступной каждому студенту, школьнику. Кратко характеризуя темпы развития этого катализатора научно-технической революции, можно сослаться на образное сравнение в журнале «Сайнтифик Америкэн» (декабрь, 1982): «Если бы авиапромышленность в последние 25 лет развивалась столь же стремительно, как и промышленность средств вычислительной техники, то сейчас самолет «Боинг-767» стоил бы 500 долларов и совершал облет земного шара за 20 минут, затрачивая при этом 5 галлонов топлива». Приведенные цифры весьма ярко отражают относительное снижение стоимости, рост быстродействия и повышение экономичности ЭВМ.

Самым массовым и динамичным классом вычислительных машин являются микро-ЭВМ, развитие которых идет в основном в двух актуальных и перспективных направлениях: встроенные контроллеры в самых разнообразных изделиях, например телевизорах с программным и дистанционным управлением; универсальный интеллектуальный помощник, например персональная ЭВМ. Быстрыми темпами увеличивается доля установок, оборудованных микро-ЭВМ, растет популярность персональных ЭВМ. Уже в 1983 г. в США было продано только домашних персональных компьютеров 5,3 млн. штук (для сравнения: в 1982 г. — всего 2 млн. штук и видеоманитофонов в эти же годы — всего 4 и 2 млн. штук соответственно), а к 1990 г. настольные и переносные

персональные ЭВМ будут раскупаться так же, как и самый популярный на сегодня электронный аппарат — цветной телевизор.

Одним из главных следствий широкого внедрения микро-ЭВМ в разнообразных системах управления, будь то управление сложным технологическим процессом или всего лишь бытовым прибором, является резкий рост потребности в дешевых и надежных датчиках. Хотя датчики имеют гораздо более солидную историю, чем вся вычислительная техника, тем не менее в современных автоматизированных системах контроля и управления именно ЭВМ, и особенно микро-ЭВМ, играют доминирующую роль. Отсюда и необходимость разработки датчиков, совместимых с микро-ЭВМ электрически и конструктивно, а также по точности, быстродействию, долговечности и другим параметрам. Этим же объясняется и общая тенденция «интеллектуализации» датчиков, т. е. конструктивного объединения их с микропроцессорными устройствами для предварительной обработки информации еще до передачи ее в управляющую или контролирующую ЭВМ.

Предлагаемая читателю книга примечательна комплексным охватом проблем, связанных с внедрением датчиков во всевозможные системы автоматизации. Она знакомит как с общей методикой, так и с удачными, наглядными примерами решения этих проблем, и может пробудить интерес и инициативу в деле массовой автоматизации на каждом рабочем месте, в каждом доме.

Отзывы о книге, замечания и пожелания просьба направлять по адресу: 191065, Ленинград, Марсово поле, 1, Ленинградское отделение Энергоатомиздата.

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА ЯПОНСКОГО ИЗДАНИЯ

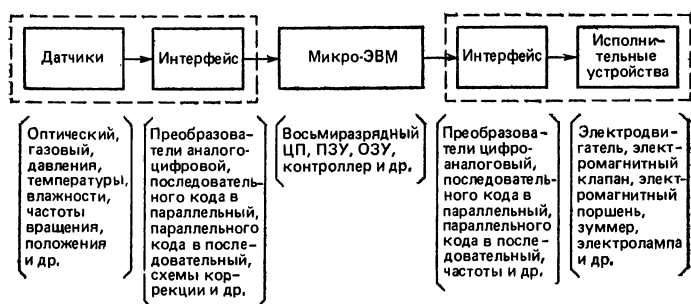
Бурное развитие современной полупроводниковой технологии привело к разработке множества микро-ЭВМ, обладающих значительными вычислительными возможностями. Уже в наши дни эти вычислительные машины становятся предметом личного пользования. Так называемые персональные ЭВМ выполняют функции, которые обычно доступны лишь мыслительному аппарату человека — головному мозгу. Они производят сложные расче-

ты, обрабатывают тексты, рисунки, графики и постепенно становятся незаменимыми в повседневной жизни. С другой стороны, все шире область применения вычислительных машин, где они полностью вытеснили труд человека. Примеры невозможно перечислить: здесь автоматические системы и в промышленности, и в сфере обслуживания, и в измерительной технике. Во всех этих случаях используются разнообразные датчики, заменяющие органы чувств человека, а также схемы интерфейса для преобразования информации датчиков в удобную для дальнейшей обработки форму. Необходимость интерфейса обусловлена тем, что в большинстве своем датчики выдают аналоговые электрические сигналы, неприемлемые для ЭВМ, сильная сторона которых в цифровой обработке. Кроме того, датчики не всегда согласуются с ЭВМ по диапазону входных значений сигналов, скорости поступления информации и другим параметрам. Несогласованность датчиков и ЭВМ связана с различием во времени их возникновения. Датчики появились задолго до вычислительных машин и были предназначены для выполнения функции чувствительного элемента в измерительных приборах. Последующее развитие датчиков уже после создания ЭВМ доказало необходимость и важность интерфейса как средства, расширяющего возможности обработки в измерительных системах. В автоматических системах интерфейс требуется также и для согласования выходных команд ЭВМ с реакцией исполнительных устройств.

В ближайшее время ожидается появление техники персональной автоматизации, например карманных терминалов для обработки и передачи информации, наручных часов с пультом управления, электронной памятью, измерителями атмосферного давления, температуры окружающей среды и тела, частоты пульса и других приборов. Вводится домашняя автоматизация: с помощью микро-ЭВМ производится обработка информации и управление в новой электронной среде общения (электронная почта, видеотекс, телетекст и др.), организуется система обеспечения безопасности, автоматическое управление бытовыми приборами и контроль за состоянием здоровья обитателей жилища. В учреждениях внедряются автоматические системы, в которых объединяется различное конторское оборудование, например текстовые процессоры, копировальные аппараты, информационные

банки и др. На производственных предприятиях, где многие физические действия и выработка управленческих решений производятся промышленными роботами, наблюдается переход от централизованных систем обработки информации на основе больших ЭВМ к системам с распределенной обработкой и локальными информационными сетями, что связано с «интеллектуализацией» терминалов благодаря микро-ЭВМ. Параллельно развитию автоматизации оживляются исследования в области перспективной оптико-электронной измерительной техники, быстро растет число разработок «интеллектуальных» датчиков со встроенными аналого-цифровыми преобразователями.

Все вышеупомянутые системы автоматизации структурно напоминают приведенную здесь общую схему технического восприятия на основе микро-ЭВМ (штрихами обозначены границы интеграции устройств в перспективе). В книге описывается техника различных датчиков, пред-



ставлены устройство, функциональные возможности и основные характеристики микро-ЭВМ (восьмиразрядной), которая играет центральную роль в схеме восприятия. Из схем интерфейса, согласующих датчики с микро-ЭВМ, здесь более подробно рассматриваются аналого-цифровые преобразователи с их периферийными электрическими цепями. В последней главе описываются разнообразные примеры практического воплощения идей по совместному использованию микро-ЭВМ и датчиков.

1 января 1983 г.

Судзуки Саюдэн

Глава первая

ТЕХНИКА ДАТЧИКОВ

1. Понятие датчика

Человек глазами воспринимает форму, размеры и цвет окружающих предметов, ушами слышит звуки, носом чувствует запахи. Обычно говорят о пяти видах ощущений, связанных со зрением, слухом, обонянием, вкусом и осязанием. Для формирования ощущений человеку необходимо внешнее раздражение определенных органов — «датчиков* чувств». Для различных видов ощущений роль датчиков играют определенные органы чувств:

Зрение	Глаза
Слух	Уши
Вкус	Язык
Обоняние	Нос
Осязание	Кожа

Однако для получения ощущения одних только органов чувств недостаточно. Например, при зрительном ощущении совсем не значит, что человек видит только благодаря глазам. Общеизвестно, что через глаза раздражения от внешней среды в виде сигналов по нервным волокнам передаются в головной мозг и уже в нем формируется ощущение большого и малого, черного и белого и т. д. Эта общая схема возникновения ощущения относится также к слуху, обонянию и другим видам ощущения, т. е. фактически внешние раздражения как нечто сладкое или горькое, тихое или громкое оцениваются

* В зарубежной литературе вместо термина «датчик» более употребителен термин «сенсор» (от английского слова sense — чувство, ощущение, чувствовать, ощущать). В отечественной литературе кроме термина «датчик» встречаются его эквиваленты: чувствительный элемент, регистратор, преобразователь, измеритель, первичный измерительный преобразователь и др. (*Прим. перев.*)

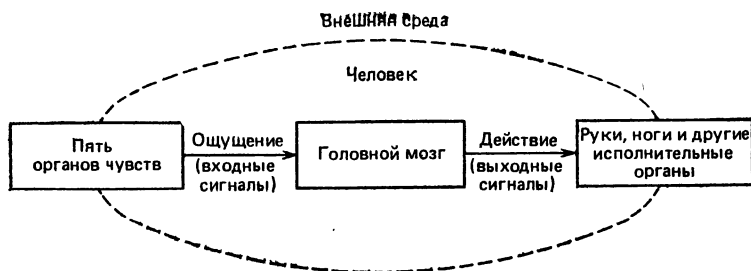


Рис. 1. Человеческая система

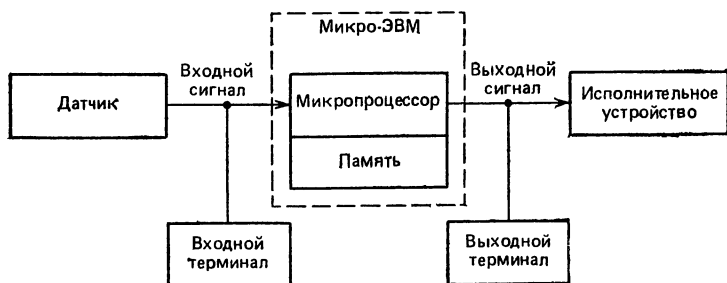


Рис. 2. Техническая система

головным мозгом, которому необходимы датчики, реагирующие на эти раздражения.

Проследим за общей схемой поведения человека. Внешнее раздражение через упомянутые датчики в виде определенных сигналов поступает в головной мозг, формирующий ощущение. Человек в соответствии с ощущением выстраивает свое поведение (рис. 1). Возьмем конкретный пример. Если комар сядет на тело и начнет высасывать кровь, то благодаря осязанию ощущается боль и зуд. Вслед за этим принимается решение прогнать или убить комара. В соответствии с принятым решением определяются будущие действия и мозг выдает необходимые командные сигналы рукам и ногам (действия могут быть сознательными или бессознательными).

Нечто аналогичное происходит и в технической системе, состоящей из датчиков и микро-ЭВМ (рис. 2). Сравним обе системы. Датчики соответствуют органам чувств человека. Микропроцессор и память системы на рис. 2 выполняют функции, аналогичные функциям го-

ловного мозга человека. Здесь, как и у человека, производятся расчеты и запоминание. Далее, у человека согласно сигналам мозга приводятся в действие руки, ноги, тело, а в технической системе по командам процессора действует механическая рука или другое исполнительное устройство. Таким образом, система из микро-ЭВМ и датчиков весьма сходна по функциям отдельных элементов и по схеме поведения с человеком.

2. Специфика современных требований

В предыдущем параграфе датчики рассматривались как устройства, формирующие сигналы под воздействием внешних раздражающих факторов. Здесь акцентируется внимание на характеристиках датчиков, обусловленных современным развитием полупроводниковой техники. Значительно изменились требования к датчикам в связи с появлением микропроцессоров и больших интегральных схем (БИС). Как будет показано в гл. 2, несмотря на то что история микропроцессоров и микро-ЭВМ насчитывает уже более десяти лет, до сих пор их прогресс ощущается день ото дня. Ассортимент выпускаемых сейчас микро-ЭВМ очень широк: от малоразрядных с длиной информационного слова в 1, 2 и 4 бита до многоразрядных с длиной слова в 16 и 32 бита. Процессоры вычислительных машин этого класса весьма разнообразны по элементной базе: от биполярных с логикой транзисторно-транзисторной (ТТЛ), со связанными эмиттерами (ЭСЛ) и инжекционной интегральной логикой (И²Л, или ИИЛ) до МОП-структур на полевых транзисторах с *p*- или *n*-проводимостью и дополняющих МОП-структур. Такое разнообразие позволяет создавать микро-ЭВМ в широком диапазоне быстродействия, энергопотребления и стоимости. Что же касается памяти, то, если следить за увеличением информационной емкости и уменьшением стоимости, темпы развития этих устройств еще более поразительны.

Таким образом, пользователь при проектировании системы может сравнительно легко выбрать оптимальный вариант и процессора и памяти. Благодаря непрерывному и динамичному развитию технологии БИС «мозг» современной технической системы отличается большим разнообразием по архитектуре и вычислительной мощности. Однако как наличие превосходного мыслительного аппарата у человека мало что значит при

отсутствии глаз, ушей, носа и других органов чувств, точно так же и технические системы, содержащие микропроцессор и память, практически бесполезны без сигналов об окружающей среде, т. е. без датчиков. Можно даже сказать, что тот, кто держит под своим контролем датчики, определяет и уровень системы. Безусловно, современные датчики намного превосходят своих старших собратьев по надежности, имея значительно меньшую стоимость, но развитие микропроцессоров настолько стремительно, что датчики поневоле отстают от них. Поэтому исследование и разработка новых датчиков являются целью концентрации усилий во многих странах.

3. Принцип действия и классификация

Как уже говорилось, датчики информируют о состоянии внешней среды путем взаимодействия с ней и преобразования реакции на это взаимодействие в электрические сигналы. Существует множество явлений и эффектов, видов преобразования свойств и энергии, которые можно использовать для создания датчиков. В табл. 1 приведен сравнительно скромный перечень.

При классификации датчиков в качестве основы часто используется принцип их действия, который, в свою очередь, может базироваться на физических или химических явлениях и свойствах:

Температура	Термометр, датчик обледенения, датчик уровня жидкости
Влажность, состав газов .	Газовый сигнализатор, гигрометр, датчик росы
Давление	Измеритель нагрузки, измеритель давления крови (сфигмоманометр), расходомер
Свет (инфракрасные, видимые и ультрафиолетовые лучи)	Фотодатчик, датчик цвета, термограф, анализатор атмосферы
Звук (ультразвук и т. д.) .	Датчик инфильтрации, уровнемер, эхолот, устройства неразрушающего контроля
Электричество, (сопротивление, емкость)	Терморезистор, толщиномер, манометр
Магнетизм	Сенсорный переключатель, тахометр, датчик потока крови
Механическая деформация	Измеритель смещения, датчик давления, датчик массы
Радияция, рентгеновское излучение	Датчик уровня, рентгеновский томограф, толщиномер
Электромагнитные СВЧ, волновое излучение	Влагомер, датчик инфильтрации, измеритель скорости, радар

— Таблица 1. Физические явления и преобразования энергии на их основе

Эффект, явление, свойство	Физическая сущность преобразования
Теплопроводность (тепловая энергия → изменение физических свойств)	Переход теплоты внутри физического объекта из области с более высокой в область с более низкой температурой
Тепловое излучение (тепловая энергия → инфракрасные лучи)	Оптическое излучение при повышении температуры физического объекта
Эффект Зеебека (температура → электричество)	Возникновение ЭДС в цепи с биметаллическими соединениями при разной температуре спаев
Пирозлектрический эффект (температура → электричество)	Возникновение электрических зарядов на гранях некоторых кристаллов при повышении температуры
Термоэлектронный эффект (тепловая энергия → электроны)	Испускание электронов при нагревании металла в вакууме
Электротермический эффект Пельтье (электричество → тепловая энергия)	Поглощение или генерация тепловой энергии при электрическом токе в цепи с биметаллическими соединениями
Электротермический эффект Томсона (температура и электричество → тепловая энергия)	Генерация или поглощение тепловой энергии в электрической цепи из однородного материала при разных температурах участков цепи
Фотогальванический эффект (свет → электричество)	Появление свободных электронов и положительных дырок (возникновение ЭДС) в облучаемом светом $p-n$ -переходе
Эффект фотопроводимости (свет → электрическое сопротивление)	Изменение электрического сопротивления полупроводника при его облучении светом
Эффект Зеемана (свет, магнетизм → спектр)	Расщепление спектральных линий при прохождении света в магнитном поле

Эффект Рамана или комбинационное рассеяние света (свет \rightarrow свет)	Возникновение в веществе светового излучения, отличного по спектру от исходного монохроматического
Эффект Поккельса (свет и электричество \rightarrow свет)	Расщепление светового луча на обыкновенный и необыкновенный при прохождении через пьезокристалл с приложенным к нему электрическим напряжением в перпендикулярном лучу направлении
Эффект Керра (свет и электричество \rightarrow свет)	Расщепление светового луча на обыкновенный и необыкновенный в изотропном веществе с приложенным к нему электрическим напряжением в перпендикулярном к лучу направлении
Эффект Фарадея (свет и магнетизм \rightarrow свет)	Поворот плоскости поляризации линейно-поляризованного светового луча, проходящего через парамагнитное вещество
Эффект Холла (магнетизм и электричество \rightarrow электричество)	Возникновение разности потенциалов на гранях твердого тела при пропускании через него электрического тока и приложении магнитного поля перпендикулярно направлению электрического тока
Магнитосопротивление (магнетизм и электричество \rightarrow электрическое сопротивление)	Увеличение электрического сопротивления твердого тела в магнитном поле
Магнитострикция (магнетизм \rightarrow деформация)	Деформация ферромагнитного тела, помещенного в магнитное поле
Пьезоэлектрический эффект (давление \rightarrow электричество)	Возникновение разности потенциалов на гранях сегнетоэлектрика, находящегося под давлением
Эффект Доплера (звук, свет \rightarrow частота)	Изменение частоты при взаимном перемещении объектов по сравнению с частотой, когда эти объекты неподвижны

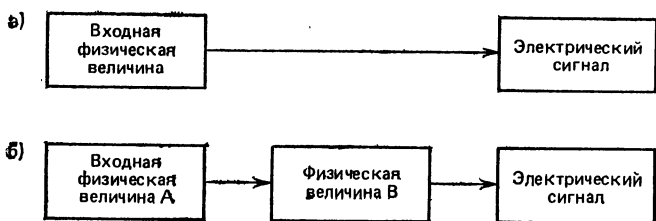


Рис. 3. Принцип работы датчиков с прямым (а) и косвенным (б) преобразователем

Для датчиков технической системы в связи с обработкой их сигналов на микро-ЭВМ обязательно требуется преобразование сигналов в электрические. Однако среди датчиков далеко не все построены на основе прямого преобразования того или иного явления в электрические сигналы. Во многих датчиках необходимы еще дополнительные преобразования. Датчики подобного типа называются косвенными в отличие от прямых, или непосредственных, где электрические сигналы формируются без промежуточных преобразований (рис. 3). Возьмем, например, оптический датчик. Это фотоэлектрический элемент на основе CdS. В зависимости от освещенности изменяется электрическое сопротивление между выводами элемента (рис. 4). Другим примером датчика прямого типа служит терморезистор, сопротивление которого изменяется в зависимости от температуры.

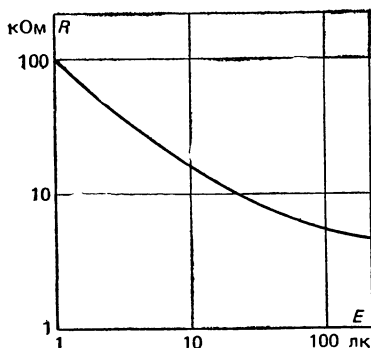


Рис. 4. Характеристика фотодатчика

В датчиках косвенного типа явление, обусловленное непосредственным взаимодействием с внешней средой, преобразуется в другое явление (или ряд других), а последнее — в электрический сигнал (рис. 3, б). Примером такого типа может быть датчик массы на основе измерения деформации. В нем осуществляется следующая цепочка преобразований: масса — механическое смещение —

изменение электрического сопротивления, в результате которых получается электрический сигнал. Еще одним примером датчика косвенного типа может служить датчик обледенения, выполненный на основе оптического элемента. Здесь осаждение инея вызывает изменение освещенности, которое, в свою очередь, преобразуется в выходной электрический сигнал.

По принципу действия датчики укрупненно делятся на физические и химические. Первые построены на основе физических, вторые — на основе химических явлений. Но, строго говоря, имеются датчики, которые нельзя четко отнести к тому или иному типу. Практически подавляющее большинство современных датчиков работает на основе физических принципов. Для химических датчиков характерно наличие многих проблем, связанных преимущественно с надежностью, приспособленностью к массовому производству и стоимостью. В настоящее время многие из этих трудностей постепенно преодолеваются, и в будущем химические датчики найдут широкое применение, особенно как датчики запаха, вкуса или датчики медицинской электроники, вводимые в тело.

4. Основные виды

В данном параграфе представлено пять видов датчиков и на их примере прослеживаются тенденции, характерные для развития техники датчиков.

Температурные датчики. С температурой мы сталкиваемся ежедневно, и это наиболее знакомая нам физическая величина. Среди прочих датчиков температурные отличаются особенно большим разнообразием типов и являются одним из самых распространенных (табл. 2).

Стеклянный термометр со столбиком ртути известен с давних времен и широко используется в наши дни. Терморезисторы, сопротивление которых изменяется под влиянием температуры, используются довольно часто в самых разнообразных устройствах благодаря сравнительно малой стоимости датчиков этого типа. Существует три вида терморезисторов: с отрицательной характеристикой (их сопротивление уменьшается с повышением температуры), с положительной характеристикой (с повышением температуры сопротивление увеличивается) и с критичной характеристикой (сопротивление резко изменяется при пороговом значении температуры). На

Таблица 2. Классификация температурных датчиков и диапазон их применения

Принцип действия	Тип датчика (примеры)	Диапазон измеряемых температур, °C				
		-273	0	500	1000	1500
Тепловое расширение	Термометр на основе измерения давления герметизированных паров или газов					
	Ртутный термометр					
	Биметаллический датчик					
Изменение электрического сопротивления	Термометр сопротивления платиновый					
	Терморезистор с отрицательной характеристикой					
	Терморезистор с положительной характеристикой					
	Терморезистор с критичной характеристикой					
Генерация термо-ЭДС	Термопара хромель—алюмель					
	Полупроводниковый (HgCdTe) элемент					
Изменение магнитной проницаемости	Термочувствительный феррит					
Изменение электрической емкости	Термочувствительный конденсатор					
Явления в полупроводниках	Диод, транзистор					
	Тиристор					
	Интегральная схема					
Тепловое излучение	Инфракрасный детектор пирозлектрического типа					
Изменение частоты	Кварцевый резонатор					
Изменение цвета	Термочувствительная краска					
Тепловые шумы	Платиновый провод					
Деформация, разрушение	Плавкий предохранитель					

рис. 5 показана зависимость сопротивления от температуры для каждого вида терморезистора. Обычно сопротивление под влиянием температуры изменяется довольно резко. Для расширения линейного участка этого изменения параллельно и последовательно терморезистору присоединяются постоянные резисторы.

Термопары особенно широко применяются в области измерений. В них используется эффект Зеебека: в спае из разнородных металлов возникает

ЭДС, приблизительно пропорциональная разности температур между самим спаем и его выводами. Диапазон измеряемых термопарой температур зависит от применяемых металлов. В термочувствительных ферритах и конденсаторах используется влияние температуры соответственно на магнитную и диэлектрическую проницаемость, начиная с некоторого значения, которое называется температурой Кюри и для конкретного датчика зависит от применяемых в нем материалов. Термочувствительные диоды и тиристоры относятся к полупроводниковым датчикам, в которых используется температурная зависимость проводимости p — n -перехода (обычно на кристалле кремния). В последнее время практическое применение нашли так называемые интегральные температурные датчики, представляющие собой термочувствительный диод на одном кристалле с периферийными схемами, например усилителем и др.

Оптические датчики. Подобно температурным оптические датчики отличаются большим разнообразием и массовостью применения. Как видно из табл. 3, по принципу оптико-электрического преобразования эти датчики можно разделить на четыре типа: на основе эффектов

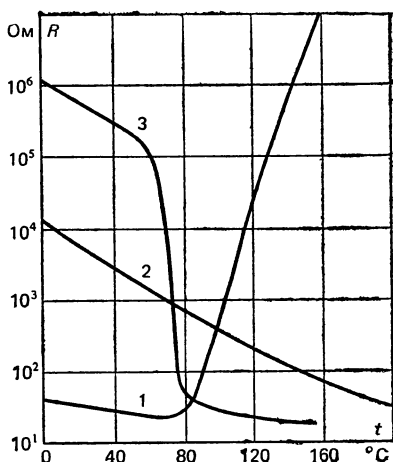


Рис. 5. Характеристики различных терморезисторов

t — положительная; 2 — отрицательная;
3 — критическая

Таблица 3. Классификация оптических датчиков

Вид	Принцип оптико-электрического преобразования	Основное назначение	Исполнение	Рабочая область спектра	Тип	Достоинства и особенности
Фотоприемные	Фотоэлектронная эмиссия	—	—	—	Фотоэлемент электровакуумный	Высокая чувствительность, высокая скорость отклика, возможность счета фотоимпульсов
					Фотоэлектронный умножитель	Высокая чувствительность, хорошее отношение сигнал-шум, большой выходной сигнал, возможность счета фотоимпульсов, быстрый отклик
					Фоторезистор	Высокая чувствительность, малые габариты, малая стоимость, максимальная чувствительность CdS на волне 520 нм
	Фотогальванический эффект	Фотообнаружение	Одиночный элемент	Ультрафиолетовая	Фотодиод, чувствительный к УФ-лучам	Малые габариты, твердотельная конструкция, не требуется источника электрического питания

Видимая	Фотодиод, чувствительный к видимой области спектра	Не требуется источника электрического питания
	То же, со встроенной усилительной схемой	Широкий динамический диапазон, значительный выходной сигнал, в фотокамере используется логарифмичность характеристик
Ближняя инфракрасная	Фотодиод, чувствительный к ближней инфракрасной области спектра	Малые габариты, низкая стоимость, твердотельная конструкция, простота согласования с транзисторами, не требуется источника электрического питания
	То же, малоинерционный	Малые габариты и быстрая отклика, особенно у PIN-диодов
	Фототранзистор	Мощный выходной сигнал, малая стоимость, хорошее согласование с транзисторами

Продолжение табл. 3

Вид	Принцип оптико-электрического преобразования	Основное назначение	Исполнение	Рабочая область спектра	Тип	Достоинства и особенности
Фотоприемные	Фотогальванический эффект	Фотообнаружение	Одиночный элемент	Ближняя инфракрасная	Фотоприемник	Возможность управления большими токами, удобство использования в высоковольтных схемах
					Фотоприемник со встроенной схемой усилителя	Высокая чувствительность, возможность управления большими токами
			Многоэлементный линейный прибор	—	Линейка фотодиодов	Возможны различные фотоприемные поверхности, встроенная схема развертки
			Многоэлементный прибор-матрица		Линейка фотодиодов с автоматической разверткой	Большой выходной сигнал в режиме накопления, возможность реализации с большим числом элементов
					Датчик изображения с автоматической разверткой (МОП-, ППЗ-, и ПЗС-матрицы)	Простота объединения матрицы элементов с коммутирующей схемой, схемой развертки, регистрами передачи и др.

фотоэлектронной эмиссии, фотопроводимости, фотогальванического и пирозлектрических.

Фотоэлектронная эмиссия, или внешний фотоэффект,— это испускание электронов при падении света на физическое тело. Для вылета электронов из физического тела им необходимо преодолеть энергетический барьер. Поскольку энергия фотоэлектронов пропорциональна hc/λ (где h — постоянная Планка, c — скорость света, λ — длина волны света), то, чем короче длина волны облучающего света, тем больше энергия электронов и легче преодоление ими указанного барьера.

Эффект фотопроводимости, или внутренний фотоэффект,— это изменение электрического сопротивления физического тела при облучении его светом (см. рис. 4). Среди материалов, обладающих эффектом фотопроводимости,— ZnS , CdS , $GaAs$, Ge , PbS и др. Максимум спектральной чувствительности CdS приходится приблизительно на свет с длиной волны 500—550 нм, что соответствует приблизительно середине зоны чувствительности человеческого зрения. Оптические датчики, работающие на эффекте фотопроводимости, рекомендуются использовать в экспонометрах фото- и кинокамер, в автоматических выключателях и регуляторах света, обнаружителях пламени и др. Недостаток этих датчиков— замедленная реакция (50 мс и более).

Фотогальванический эффект заключается в возникновении ЭДС на выводах p — n -перехода в облучаемом светом полупроводнике. Под воздействием света внутри p — n -перехода появляются свободные электроны и дырки и генерируется ЭДС. Типичные датчики, работающие по этому принципу,— фотодиоды, фототранзисторы. Такой же принцип действия имеет оптико-электрическая часть двухмерных твердотельных датчиков изображения, например датчиков на приборах с зарядовой связью (ПЗС-датчиков). В качестве материала подложки для фотогальванических датчиков чаще всего используется кремний. Сравнительно высокая скорость отклика и большая чувствительность в диапазоне от ближней инфракрасной (ИК) зоны до видимого света обеспечивает этим датчикам широкую сферу применения. Рис. 6 помогает лучше понять принцип действия фотогальванических элементов.

Пирозлектрические эффекты— это явления, при которых на поверхности физического тела вследствие из-

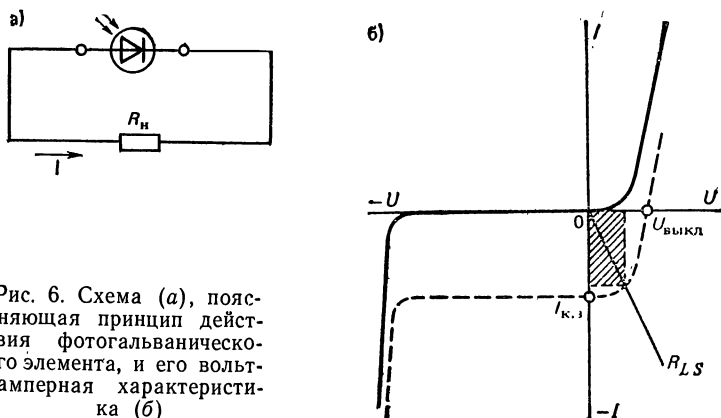


Рис. 6. Схема (а), поясняющая принцип действия фотогальванического элемента, и его вольт-амперная характеристика (б)

менений поверхностного температурного «рельефа» возникают электрические заряды, соответствующие этим изменениям. Среди материалов, обладающих подобными свойствами: $LiTaO_3$, $PbTiO_3$, $BaTiO_3$ и множество других так называемых пьезоэлектрических материалов. Конструкция одного из пьезоэлектрических датчиков в стандартном корпусе и его эквивалентная схема представлены на рис. 7. В корпус датчика встроен полевой транзистор, позволяющий преобразовать высокое полное сопротивление пьезоэлектрического элемента с его мизерными электрическими зарядами в более низкое и оптимальное выходное сопротивление датчика. Из датчиков этого типа наиболее часто используются ИК-датчики.

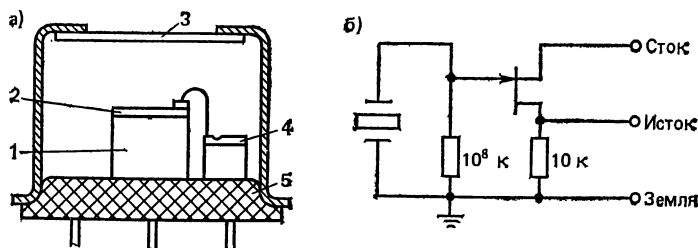


Рис. 7. Конструкция (а) и эквивалентная схема (б) пьезоэлектрического датчика

1 — специальная проводящая опора; 2 — пьезоэлектрический элемент; 3 — кремниевое окно; 4 — полевой транзистор; 5 — стандартный корпус ТО-5

Среди оптических датчиков мало найдется таких, которые обладали бы достаточной чувствительностью во всем световом диапазоне. Большинство датчиков имеет оптимальную чувствительность в довольно узкой зоне ультрафиолетовой, или видимой, или инфракрасной части спектра.

Основные преимущества перед датчиками других типов:

1. Возможность бесконтактного обнаружения.
2. Возможность (при соответствующей оптике) измерения объектов как с чрезвычайно большими, так и с необычайно малыми размерами.
3. Высокая скорость отклика.
4. Удобство применения интегральной технологии (оптические датчики, как правило, твердотельные и полупроводниковые), обеспечивающей малые размеры и большой срок службы.
5. Обширная сфера использования: измерение различных физических величин — перемещения, температуры, давления, плотности и др., определение формы, распознавание объектов и т. д.

Наряду с преимуществами оптические датчики обладают и некоторыми недостатками, а именно чувствительны к загрязнению, подвержены влиянию постороннего света, светового фона, а также температуры (при полупроводниковой основе).

Датчики давления. В датчиках давления всегда испытывается большая потребность, и они находят весьма широкое применение. Принцип регистрации давления служит основой для многих других типов датчиков, например датчиков массы, положения, уровня и расхода жидкости и др. В подавляющем большинстве случаев индикация давления осуществляется благодаря деформации упругих тел, например диафрагмы, трубки Прутона, гофрированной мембраны. Такие датчики имеют достаточную прочность, малую стоимость, но в них затруднено получение электрических сигналов. Потенциалометрические (реостатные), емкостные, индукционные, магнитострикционные, ультразвуковые датчики давления имеют на выходе электрический сигнал, но сравнительно сложны в изготовлении.

В настоящее время в качестве датчиков давления все шире используются тензометры. Особенно перспективными представляются полупроводниковые тензометры

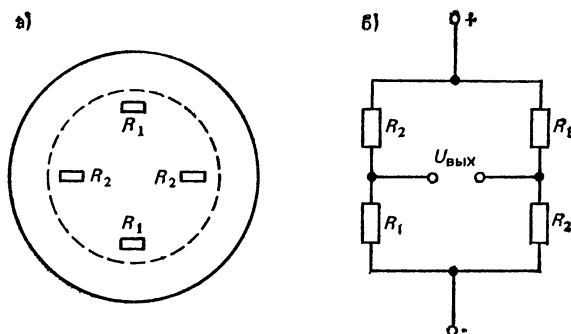


Рис. 8. Конструкция (а) и эквивалентная схема (б) датчика давления

диффузионного типа. Диффузионные тензометры на кремниевой подложке обладают высокой чувствительностью, малыми размерами и легко интегрируются с необходимыми периферийными схемами. На рис. 8 представлена конструкция и эквивалентная схема одного из датчиков давления диффузионного типа. Путем травления по тонкопленочной технологии на поверхности (100) кристалла кремния с n -проводимостью формируется круглая диафрагма. На краях диафрагмы методом диффузии наносятся пленочные резисторы R_1 и R_2 , имеющие p -проводимость и вытянутые в длину вдоль осей (110) и $(\bar{1}\bar{1}0)$ соответственно. Если к диафрагме прикладывается давление, то сопротивление одной из пар резисторов увеличивается, а другой — уменьшается. Выходной сигнал датчика формируется с помощью мостовой схемы, в которую входят эти резисторы.

Полупроводниковые датчики давления диффузионного типа, подобные вышеописанному, широко используются для измерения артериального давления крови, в автомобильной электронике, во всевозможных компрессорах. Основные проблемы, которые характерны для этих датчиков и которые, по всей видимости, будут решены в ближайшем будущем, — это устранение температурной зависимости, повышение устойчивости к внешней среде и увеличение срока службы.

Датчики влажности и газовые анализаторы. Влажность — физический параметр, с которым, как и с температурой, человек сталкивается с самых древних вре-

мен; однако надежных датчиков влажности не было в течение длительного периода. Чаще всего для подобных датчиков использовались человеческий или конский волос, удлиняющиеся или укорачивающиеся при изменении влажности. В настоящее время для определения влажности используется полимерная пленка, покрытая хлористым литием, набухающим от влаги. Однако датчики на этой основе обладают гистерезисом, нестабильностью характеристик во времени и узким диапазоном измерения. Более современными являются датчики, в которых используются керамика и твердые электролиты. В них устранены вышеперечисленные недостатки. Одна из сфер применения датчиков влажности — разнообразные регуляторы атмосферы. В последнее время у датчиков влажности появилась новая, быстро расширяющаяся область применения, а именно системы автоматизации управления электронной кухонной плитой и устройства обнаружения повышенной влажности (нерабочее состояние) в видеоманитофонах.

Газовые датчики широко используются на производственных предприятиях для обнаружения разного рода вредных газов, а в домашних помещениях — для обнаружения утечки горючего газа. Во многих случаях требуется обнаруживать определенные виды газа и желательно иметь газовые датчики, обладающие избирательной характеристикой относительно газовой среды. Однако реакция на другие газовые компоненты затрудняет создание избирательных газовых датчиков, обладающих высокой чувствительностью и надежностью. Газовые датчики могут быть выполнены на основе МОП-транзисторов, гальванических элементов, твердых электролитов с использованием явлений катализа, интерференции, поглощения инфракрасных лучей и т. д. Для регистрации утечки бытового газа, например сжиженного природного или горючего газа типа пропан, используется главным образом полупроводниковая керамика, в частности SiO_2 , или устройства, работающие по принципу каталитического горения.

При использовании датчиков газа и влажности для регистрации состояния различных сред, в том числе и агрессивных, часто возникает проблема долговечности.

Магнитные датчики. Главной особенностью магнитных датчиков (табл. 4), как и оптических, является быстродействие и возможность обнаружения и измерения

Таблица 4. Классификация магнитных датчиков

Тип	Материал
Датчик Холла Магнитный диод Магниторезистор	Полупроводник Si, Ge, GaAs Si InSb, InAs
Магниторезистор Датчик Виганда	Ферромагнетик Ni—Co Fe—Ni, V—Co—Fe
Датчик Джозефсона	Сверхпроводник Pb, Nb

бесконтактным способом, но в отличие от оптических этот вид датчиков не чувствителен к загрязнению. Однако в силу характера магнитных явлений эффективная работа этих датчиков в значительной мере зависит от такого параметра, как расстояние, и обычно для магнитных датчиков необходима достаточная близость к возмущающему магнитному полю.

Среди магнитных датчиков хорошо известны датчики Холла. В настоящее время они применяются в качестве дискретных элементов, но быстро расширяется применение элементов Холла в виде ИС, выполненных на кремниевой подложке. Подобные ИС наилучшим образом отвечают современным требованиям к датчикам. Особенно эффективно применение элементов Холла в бесколлекторных двигателях видеомagnитофонов, где они используются для определения положения угла поворота и управления частотой вращения.

Магниторезистивные полупроводниковые элементы имеют давнюю историю развития. Сейчас снова оживились исследования и разработки магниторезистивных датчиков, в которых используются ферромагнетики. Недостатком этих датчиков является узкий динамический диапазон обнаруживаемых изменений магнитного поля. Однако высокая чувствительность, а также возможность создания многоэлементных датчиков в виде ИС путем напыления, т. е. технологичность их производства, составляют несомненные преимущества. Одна из сфер при-

менения датчиков этого типа — многодорожечные магнитные головки в цифровых магнитофонах для записи и воспроизведения звуковых сигналов импульсно-кодовой модуляции (ИКМ-сигналов).

Взяв за основу элементы Холла или магниторезистивные, можно с помощью промежуточных преобразований явлений (см. § 3) создать датчики давления, массы, расхода жидкости и др.

Эффект Джозефсона, или, иными словами, эффект сверхпроводимости при очень низких температурах, позволяет получить сверхчувствительные магнитные датчики. С их помощью можно обнаруживать микроизменения магнитного поля, связанные с потоками крови в системе кровообращения человека. Не исключено, что подобные датчики потребуются в медицине.

5. Перспективы развития

Сначала перечислим основные требования, предъявляемые к современным датчикам.

1. Высокие качественные характеристики: чувствительность, точность, линейность, воспроизводимость, или повторяемость, показаний, скорость отклика, взаимозаменяемость, отсутствие гистерезиса и большое отношение сигнал-шум.

2. Высокая надежность: длительный срок службы, устойчивость к внешней среде, безотказность в работе.

3. Технологичность: малые габариты и масса, простота конструкции, низкая себестоимость.

Конечно, изготовление датчиков, удовлетворяющих всем перечисленным здесь требованиям, представляет собой значительную трудность. Однако при работе датчиков совместно с микро-ЭВМ часть недостатков датчиков можно скомпенсировать за счет вычислительных и логических возможностей машины. В частности, с помощью ЭВМ 1) линеаризуется нелинейная характеристика датчика; 2) подавляются шумы датчика; 3) корректируется чувствительность и точка нуля, которые обычно изменяются при продолжительной эксплуатации; 4) компенсируется влияние температуры окружающей среды; 5) производится автоматическая диагностика датчиков.

Тенденции развития техники датчиков показывают, что в будущем при разработке датчиков придется решать следующие задачи:

1. Интегральное исполнение. Распространение интегральной технологии и повышение уровня интеграции безусловно затронет и датчики. Уже сейчас на базе этой технологии в датчики встраиваются схемы усилителей, аналого-цифровых преобразователей и другие схемы интерфейса. Современные датчики изображения полностью изготавливаются по технологии БИС.

2. Комбинирование. Комбинируя несколько датчиков в одном корпусе, можно с помощью одного универсального датчика фиксировать несколько физических параметров одновременно. Например, датчик, измеряющий одновременно температуру и влажность, был бы очень удобен для кондиционеров. Другое направление — комбинирование датчиков с исполнительными устройствами. Например, в последнее время обсуждается создание сплавов с запоминанием формы, сочетающих функции датчиков и исполнительных устройств.

3. «Интеллектуализация». Датчики и микропроцессор изготавливаются в одном корпусе. При этом сигналы, регистрируемые датчиками, не будут выдаваться на выход непосредственно такими, какие они есть, а будут обрабатываться и контролироваться микропроцессором. Он же будет принимать решения относительно полученных данных и условий окружающей среды. Особенно это необходимо в системах обеспечения безопасности, где недопустима ложная информация.

Глава вторая

ТЕХНИКА МИКРО-ЭВМ

6. История развития

С момента появления первых микро-ЭВМ прошло немалое количество десяти лет. За это время благодаря прогрессу в технологии БИС техника микро-ЭВМ шагнула далеко вперед.

Самая первая микро-ЭВМ была разработана для электрических клавишных пультов и предназначена для параллельной обработки четырехразрядных слов данных, выставляемых клавиатурой пульта. А сейчас уже серийно производятся 16-разрядные микро-ЭВМ и одна

за другой разрабатываются машины для обработки информационных слов длиной в 32 бита. Наряду с ЭВМ, выполненными на нескольких БИС, выпускаются так называемые однокристальные микро-ЭВМ, содержащие в единственном корпусе БИС кроме процессора запоминающие устройства, генератор синхрипульсов, схему управления индикатором, например жидкокристаллическим дисплеем, а также ряд других необходимых схем. Эти ЭВМ удобны для оснащения различных изделий, чаще всего путем встраивания в последние.

После появления микро-ЭВМ их функциональные возможности по отношению к постоянно снижающейся стоимости стремительно росли, что способствовало быстрому распространению этих вычислительных машин в самых различных областях человеческой деятельности. Сфера применения микро-ЭВМ охватила многие отрасли — от промышленного производства до домашнего хозяйства — и день ото дня расширяется.

Появление микро-ЭВМ обусловлено последними достижениями в полупроводниковой технологии, и все последующее их развитие неразрывно связано с прогрессом в современной технологии БИС. На рис. 9 показаны

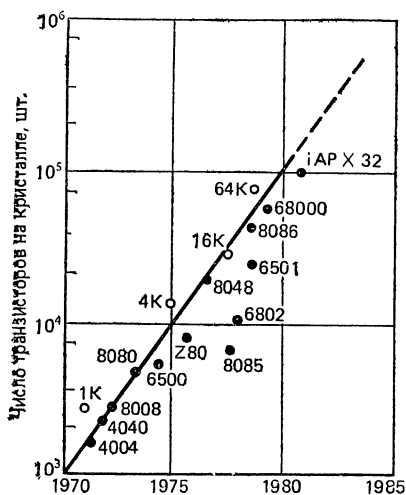


Рис. 9. Повышение степени интеграции БИС

О — динамические ОЗУ; ● — микропроцессоры

основные временные вехи развития этих вычислительных машин как этапы повышения плотности интегральных схем, составляющих основу ЭВМ. Начало истории микро-ЭВМ было положено в 1971 г., когда американская фирма «Интел» разработала по заказу японской фирмы «Бусиком Корп.» однокристальный центральный процессор типа 4004 для обработки четырехразрядных слов данных, который вместе с БИС постоянной и оперативной памяти входил в набор гибкой архитектуры калькулятора. Одновременно

с выполнением договора микропроцессорный набор был представлен для широкой продажи. Все БИС набора изготавливались по *p*-канальной МОП-технологии с кремниевыми затворами. Кристалл БИС микропроцессора содержал свыше 2200 транзисторов и позволял выполнять до 45 видов инструкций.

В конце 1973 г. опять же фирмой «Интел» был разработан микропроцессор 8080 с параллельной обработкой восьмиразрядных слов данных. В новом процессоре была резко повышена скорость обработки благодаря использованию *n*-канальной МОП-технологии. Его архитектура и набор команд были значительно расширены. Это была микро-ЭВМ уже второго поколения. На основе лицензионных соглашений с фирмой «Интел» производство приборов серии 8080 было освоено многими полупроводниковыми фирмами. Большое число поставщиков привело к необычайно быстрому распространению БИС серии 8080. Наряду с этим ряд фирм предприняли попытку разработать свои микропроцессорные наборы. Например, фирма «Моторола» (США) предложила серию БИС во главе с микропроцессором М6800. Разнообразие типов микропроцессоров быстро увеличивалось. В настоящее время среди микропроцессоров общего назначения универсальные восьмиразрядные приборы являются самыми распространенными, а среди микро-ЭВМ второго поколения лучшие технические характеристики имеют вычислительные машины на микропроцессорах Z80 (фирма «Зилог», США), 8085 («Интел») и 6809 («Моторола»).

Сравнительно недавно появились универсальные 16-разрядные микропроцессоры с вычислительными возможностями на уровне машин класса мини-ЭВМ. Эти микропроцессоры используются в высокопроизводительных персональных ЭВМ — микро-ЭВМ третьего поколения. Среди вычислительных машин этого поколения наибольшей вычислительной мощностью обладают представители уже упомянутых фирм, а именно: 8086 («Интел»), Z8000 («Зилог») и М68000 («Моторола»). В табл. 5 сравниваются основные характеристики 4-, 8- и 16-разрядных микропроцессоров, т.е. всех трех поколений, и видно, как быстро росли возможности этих приборов от поколения к поколению.

В конце 1973 г. фирмой «Техас Инструментс» впервые была разработана однокристалльная микро-ЭВМ типа

Таблица 5. Технические характеристики некоторых микро-ЭВМ

Характеристика	4040 (4 бита)	Z80 (8 бит)	Z8000 (16 бит)
Число выводов корпуса	24	40	40/48
Число инструкций	60	158	110/191
Организация регистров	4×24	8×14	16/16
Адресное пространство	8К байт	64К байт	8М байт
Число ступеней прерывания	1	2	3
Число уровней вложения	7	Неограниченно	Неограниченно
Технология	p-МОП	n-МОП	n-МОП

TMS1000. На кристалле размещены центральный процессор, память и схемы сопряжения для ввода-вывода. Основные цели разработки однокристальных вычислительных машин: сокращение числа компонентов, снижение стоимости и уменьшение размеров приборов. Крупнейшие полупроводниковые фирмы разработали свои варианты однокристальных микро-ЭВМ, нашедшие широкое применение как в промышленности, так и в быту. Среди однокристальных микро-ЭВМ наибольшее распространение получили четырехразрядные устройства.

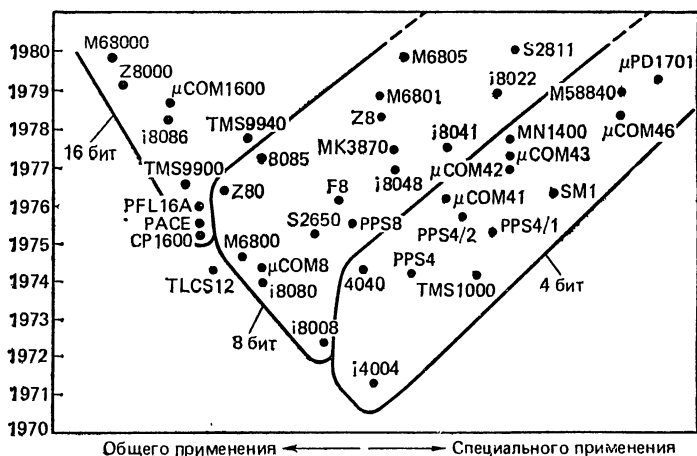


Рис. 10. Развитие микро-ЭВМ общего и специального применения

Промышленностью выпускаются универсальные микропроцессоры общего и специального применения (рис. 10).

7. Аппаратные средства

Как видно из рис. 11, структура микро-ЭВМ принципиально не отличается от структуры большой ЭВМ. Центральный процессор (ЦП) микро-ЭВМ состоит из групп регистров различного назначения, арифметического устройства (АЛУ) и блоков управления, в частности управления синхронизацией. Память, как и в больших ЭВМ, служит для записи программ и необходимых данных и функционально делится на оперативную — оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и постоянную — постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Первое позволяет осуществлять как запись, так и считывание, а ПЗУ предназначено только для считывания. Схемы управления вводом-выводом обеспечивают соединение основной части ЭВМ с различными периферийными устройствами, как например алфавитно-цифровое печатающее устройство (АЦПУ) и др.

Современная полупроводниковая технология БИС позволяет создавать микро-ЭВМ всего лишь на нескольких или даже на одном кристалле со стороной несколько миллиметров. В настоящее время имеются однокри-

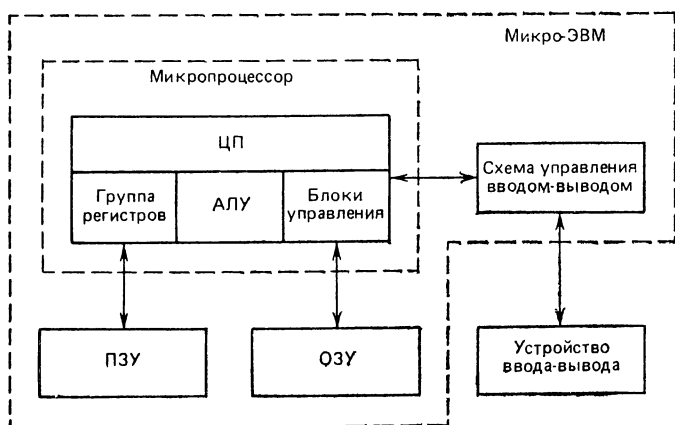


Рис. 11. Структура однокристалльной микро-ЭВМ

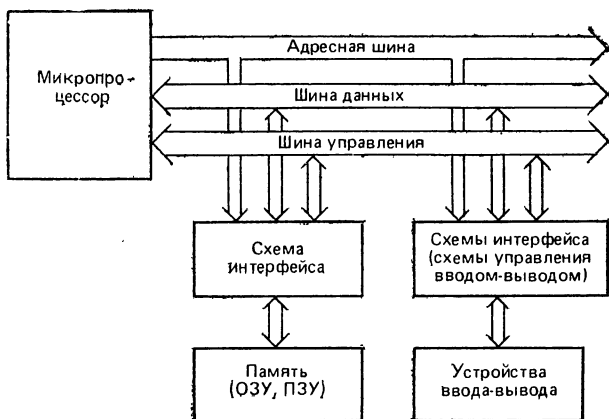


Рис. 12. Типичная структура микро-ЭВМ

стальные микро-ЭВМ, которые представляют собой единственную БИС с размещенными в ней центральным процессором, памятью и схемами управления вводом-выводом. Выпускаются микропроцессоры, состоящие из одного или нескольких кристаллов БИС, функционально соответствующих центральному процессору ЭВМ. Под микро-ЭВМ чаще всего подразумевается микропроцессор с присоединенными к нему устройствами памяти и схемами ввода-вывода. Нередко подобная микро-ЭВМ размещена всего лишь на одной печатной плате; в таких случаях она носит название одноплатной микро-ЭВМ.

На рис. 12 представлена типичная конфигурация микро-ЭВМ. Для соединения микропроцессора с устройствами памяти и ввода-вывода используются адресная шина, шины данных и управления, по которым производится обмен информацией между всеми блоками ЭВМ. В частности, с помощью адресной шины выбирается номер ячейки в памяти или номер устройства ввода-вывода. Через шину данных происходит прием и передача команд и данных, а по шине управления задается направление передачи сигналов и осуществляется синхронизация, необходимая для обмена информацией с памятью и устройствами ввода-вывода.

Устройства ввода-вывода, присоединяемые к микропроцессору, могут иметь различное функциональное назначение. Для их присоединения к общей схеме ЭВМ не-

обходимы схемы согласования, так называемый интерфейс, учитывающий особенности того или иного устройства ввода-вывода и осуществляющий управление ими через общие информационные шины. В настоящее время в продаже имеется множество типов микропроцессоров с большим набором схем интерфейса для присоединения разнообразных устройств ввода-вывода. Обычно эти схемы, как и основные блоки микро-ЭВМ, выполнены в виде БИС (табл. 6).

Таблица 6. Типичные периферийные БИС

Наименование	Тип прибора
Контроллер параллельного ввода-вывода	8255, Z80PIO
Контроллер последовательного ввода-вывода	8251, Z80SIO
Счетчик-контроллер синхронизации	8253, Z80CTC
Контроллер прямого доступа к памяти	8257, Z80DMA
Контроллер накопителя на гибких магнитных дисках	WD1791, LH0110
Контроллер дисплея	8275, μ PD7220
Контроллер шины интерфейса общего назначения	8291, 9914

8. Память

Роль памяти в микро-ЭВМ выполняют полупроводниковые запоминающие устройства, среди которых хорошо известны биполярные ЗУ. Однако достижение высокой степени интеграции в ЗУ этого типа связано с

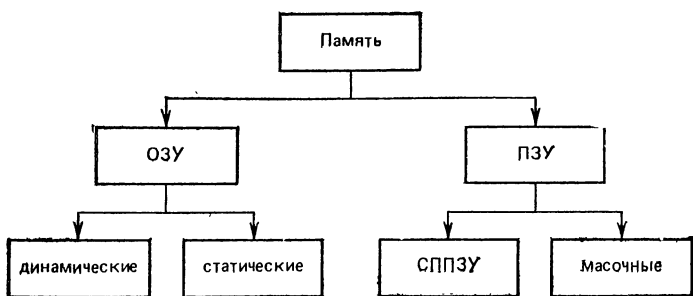


Рис. 13. Классификация памяти

большими трудностями, поэтому в качестве памяти микро-ЭВМ, за исключением случаев, когда необходимо очень высокое быстродействие, используются ЗУ, выполненные по МОП-технологии.

Полупроводниковые устройства памяти можно классифицировать по схеме, приведенной на рис. 13.

Постоянные ЗУ предназначены только для считывания информации. Это энергонезависимые ЗУ, т.е. при отключении источника электрического питания содержимое памяти не разрушается. Обычно ПЗУ используется для запоминания программ. Кроме того, в ПЗУ могут храниться фиксированные данные, например коды образцов букв, цифр и других символов, таблицы для прямых численных преобразований и др. Так называемые масочные ПЗУ наиболее удобны для условий массового производства. По мере увеличения объема выпуска стоимость одного кристалла ПЗУ быстро снижается, компенсируя тем самым довольно большие первоначальные затраты на разработку маски. Для замены информационного содержимого такого ПЗУ необходима разработка новой маски. При небольших объемах выпуска удобнее и дешевле стираемые и программируемые ПЗУ (СППЗУ), поскольку их можно перепрограммировать без замены маски. Многократное стирание и перезапись в СППЗУ производятся при УФ-облучении БИС. Чаще всего СППЗУ используются на этапе разработки микро-ЭВМ, в пробных ее образцах. Корпуса СППЗУ и масочных ПЗУ различаются расположением выводов. В последние годы интенсивно разрабатывается еще один вид

ПЗУ — так называемые электрически стираемые и программируемые ПЗУ (ЭСППЗУ).

Другой вид памяти — ОЗУ, или ЗУ с произвольной выборкой (ЗУПВ) в отличие от ПЗУ позволяет не только считывать, но и записывать. Это энергозависимый тип ЗУ, так как при отключении источника электрического питания содержимое ЗУ безвозвратно утрачивается. Как видно из схемы на рис. 13, ОЗУ могут быть статическими и динамическими (табл. 7). Динамические ОЗУ имеют

Таблица 7. Сравнение статических и динамических ОЗУ

Технико-экономическая характеристика	Статические ОЗУ	Динамические ОЗУ
Стоимость в расчете на 1 бит	Высокая	Низкая
Управление	Простое	Сложное
Уровень шума	Низкий	Высокий
Скорость выборки данных	Средняя, высокая	Средняя
Плотность размещения ячеек памяти	Низкая	Высокая

более простую, чем статические, структуру ячеек памяти и допускают более высокую степень интеграции при их реализации в виде БИС. Как видно из таблицы, для памяти большой емкости выгоднее использовать динамические ОЗУ. Однако в соответствии с принципом работы этих ЗУ для сохранения целостности содержимого необходима периодическая его регенерация и, как правило, требуются сложные управляющие схемы.

Поскольку в ОЗУ возможны и запись и считывание, этот тип ЗУ обычно используется для запоминания данных, а также в качестве стековой памяти. В процессе разработки программ, а также при наличии внешней памяти, например накопителя на гибких магнитных дисках в персональном компьютере, ОЗУ используется в качестве программной памяти.

Оперативные ЗУ с комплементарной МОП-структу-

рой, отличаются чрезвычайно низким потреблением электроэнергии, поэтому при наличии резервного источника питания небольшой мощности этот тип ЭУ становится как бы энергонезависимым.

9. Особенности и классификация микро-ЭВМ

Микро-ЭВМ — это класс вычислительных машин, имеющих ряд преимуществ по сравнению как с прежней жесткой логикой, так и с современными мини-ЭВМ.

1. Малые габариты и масса, так как используется всего лишь несколько кристаллов или даже один кристалл БИС в отличие от нескольких десятков, а то и сотен ИС в схемной части прежних вычислительных машин.

2. Высокая надежность, обусловленная уменьшением числа компонентов и соединительных линий, чему способствовала замена ИС на БИС.

3. Экономичность. Это, в первую очередь, малое энергопотребление, что также объясняется уменьшением числа компонентов всей системы. Кроме того, применение надежной микро-ЭВМ позволяет снизить эксплуатационные расходы и затраты на запчасти. Массовое производство этих вычислительных машин обуславливает их низкую стоимость. Технические возможности ряда микропроцессоров позволяют построенной на основе их микро-ЭВМ стать полноценной заменой некоторых видов мини-ЭВМ.

4. Гибкость. Микро-ЭВМ можно приспособить для выполнения самых разнообразных функций путем перезаписи программы. Использование стираемых и перепрограммируемых ПЗУ в качестве постоянной памяти увеличивает гибкость этих ЭВМ.

5. Удобство технического обслуживания. Контроль функционирования микро-ЭВМ может быть легко осуществлен с помощью универсальных тест-программ. Имеются также специальные программы автоматического обнаружения неисправностей, т. е. самодиагностики.

Выпускаемые в настоящее время микро-ЭВМ отличаются большим разнообразием, которое непрерывно растет. Чтобы не заниматься перечислением всех типов микро-ЭВМ, ограничимся их классификацией по разрядности и технологии изготовления. Но предварительно уточним разницу между микропроцессором и однокристалльной микро-ЭВМ. Как уже отмечалось, микропро-

цессор — это обычно центральный процессор, выполненный на одном кристалле и содержащий АЛУ, блоки управления и регистры. Однокристалльная микро-ЭВМ — это тоже одна БИС, но содержащая кроме центрального процессора еще и память, схемы управления вводом-выводом. Таким образом, для однокристалльной микро-ЭВМ требуется минимальное число внешних компонентов и она может быть изготовлена малогабаритной и дешевой. Однако содержимое ее ПЗУ определяется структурой маски и заложено еще при изготовлении ЗУ, что несколько снижает гибкость ЭВМ, зато является оптимальным для массового производства. Тем не менее в отличие от микропроцессоров даже очень высокая степень интеграции ЗУ этих вычислительных машин не позволяет им достигнуть хорошей вычислительной мощности.

В настоящее время имеется большой выбор однокристалльных микро-ЭВМ, изготовленных по разной технологии, с различной емкостью памяти и числом портов ввода-вывода. В табл. 8 приведены данные типичной

Таблица 8. Технические характеристики восьмиразрядных микро-ЭВМ фирмы «Интел»

БИС	Емкость памяти, байт			Организация портов ввода-вывода			Число выводов корпуса
	на кристалле		внешней ПЗУ	параллельный ввод-вывод	Тест-зажим	Зажим прерываний	
	ПЗУ	ОЗУ					
8048	1024	64	4К	3×8	2	1	40
8748	1024	64	—	3×8	2	1	40
(с СППЗУ)							
8035	—	64	4К	3×8	2	1	40
8049	2048	128	4К	3×8	2	1	40
8039	—	128	4К	3×8	2	1	40
8021	1024	64	—	2×8	1	0	28
8022	2048	64	—	3×8	2	1	40
о встроенным АЦП)							

ЭВМ этого класса. В последнее время привлекает внимание появление однокристалльных микро-ЭВМ, выпускаемых в относительно небольших количествах и замечательных тем, что их ПЗУ можно расширить путем при-

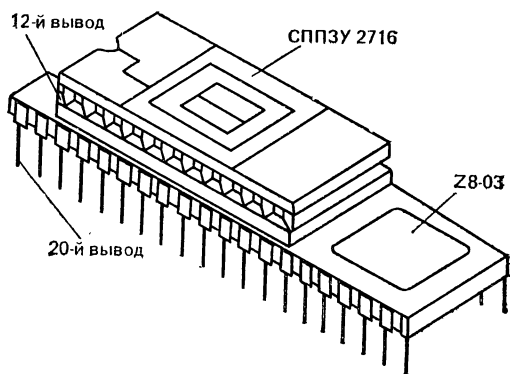


Рис. 14. Однокристалльная двухкорпусная микро-ЭВМ типа Z8

соединения корпуса СППЗУ к корпусу БИС ЭВМ (рис. 14).

Преимущество микропроцессоров в их гибкости. На их основе можно с одинаковым успехом проектировать как небольшие системы управления с емкостью памяти 1—2 К байт, так и персональную ЭВМ высокого класса на 64 К байт, оборудованную печатающим устройством, графическим дисплеем, накопителем на гибких магнитных дисках и др.

Разрядность. Среди микропроцессоров наиболее популярны восьмиразрядные серии. Они широко используются в персональных ЭВМ, интеллектуальных терминалах, контрольно-измерительных приборах, процессорах обработки текстов, промышленных контроллерах и др.

Микропроцессоры для обработки 16-разрядных слов данных также стали применяться в персональных ЭВМ высокого класса, для управления технологическими процессами, в графических дисплеях и др.

Применение четырехразрядных микропроцессоров постепенно сходит на нет. С другой стороны, среди однокристалльных микро-ЭВМ наиболее распространены четырехразрядные. Они нашли весьма широкое применение в качестве устройств для десятичных расчетов и несложных систем управления, начиная от домашних электро- и радиоприборов, а также игрушек и кончая всевозможным конторским и производственным оборудованием. По мере роста требований к этим устройствам увеличивает-

ся доля использования в них и разнообразие восьмиразрядных однокристалльных микро-ЭВМ. Типичными представителями таких вычислительных машин являются уже упомянутые микро-ЭВМ серии 8048, а также Z8, 6801 и МК3870.

Технология. БИС на полевых транзисторах (МОП-транзисторах) можно разделить на три вида: *p*-канальные (*p*-МОП); *n*-канальные (*n*-МОП); комплементарные (КМОП).

Технология *p*-канальных МОП-структур, как наиболее простая, была использована при создании первых микро-ЭВМ. Однако сейчас она является технологией прошлого и применяется только при изготовлении самых дешевых однокристалльных микро-ЭВМ.

Преимущество *n*-МОП-технологии в том, что основными носителями в каналах БИС при этом являются электроны, которые превосходят по подвижности положительные заряды (дырки) *p*-МОП-приборов. А поскольку эта технология позволяет к тому же достигнуть и большей степени интеграции, в настоящее время она преобладает при изготовлении БИС для микро-ЭВМ.

Комплементарная технология не обеспечивает такой высокой плотности элементов на кристалле как в *n*-МОП-приборах. Главное ее преимущество в гарантированном очень малом энергопотреблении КМОП-приборов и большом запасе (допуске) по напряжению питания. Микросхемы, изготовленные по этой технологии, применяются в системах, работающих от автономных источников электрического питания, и в устройствах, к которым предъявляются повышенные требования в отношении помехоустойчивости. Ожидается, что в будущем эта технология получит более широкое распространение.

Кроме МОП-технологий используется и биполярная, ТТЛ-технология, которая наилучшим образом подходит для изготовления БИС с повышенным быстродействием. На основе ТТЛ выпускаются быстродействующие поразрядные секции микропроцессоров, из которых комбинируются процессоры любой разрядности.

10. Программные средства

Разработка программ. Самым существенным отличием микрокомпьютерной техники от прежних систем с жесткой логикой является наличие у первой гибкой про-

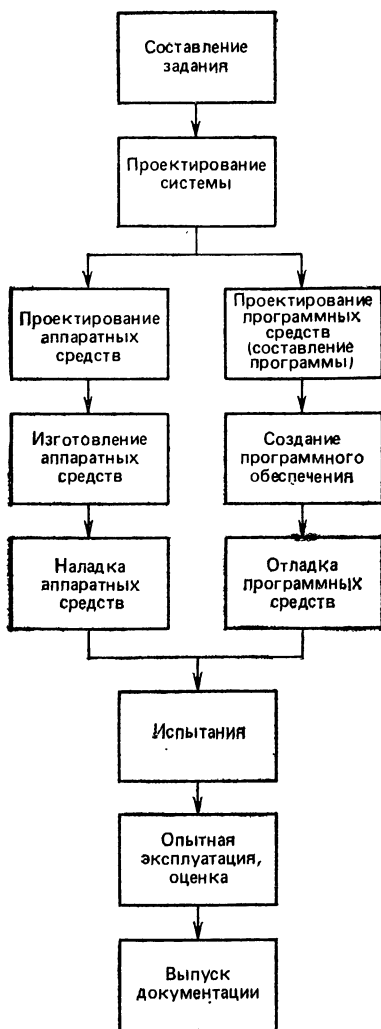


Рис. 15. Этапы разработки системы микро-ЭВМ

граммной части. При жесткой логике возможности системы определяются главным образом структурой соединения логических элементов. При микро-ЭВМ возможности системы определяются в значительной мере также и программной частью машины.

Схемное решение первых микро-ЭВМ обходилось очень дорого, поэтому конструировалась минимальная аппаратная часть и большая доля по управлению системой приходилась на программную часть. Однако позднее, по мере увеличения выпуска дешевых периферийных БИС и роста затрат на разработку программ (доля участия человека) стало необходимо оптимально распределять роли между аппаратной в программной частями ЭВМ. На рис. 15 представлен алгоритм проектирования системы микро-ЭВМ. Для сокращения времени на разработку программной части необходимо использовать современные эффективные методы, а также системы автоматизации программирования.

Языки программирования. Для микро-ЭВМ применимы те же языки, что для мини- и больших ЭВМ, и делятся они на три группы: машинные коды; ассемблер; языки высокого уровня (компиляторы, интерпретаторы).

Машинный язык — это коды команд для логических схем, на которых выполнен центральный процессор. Команды записываются прямо в этих кодах, т. е. в виде двоичных, восьмеричных или шестнадцатеричных чисел. Естественно, ряды этих чисел не вызывают никаких ассоциаций с содержанием команд, работа по кодированию имеет низкую производительность, поэтому на машинных кодах программы почти не разрабатываются.

Ассемблер (правильнее, язык ассемблера) по содержанию один к одному соответствует машинным кодам, но изображается сочетанием букв алфавита, ясно указывающим на содержание команд. Алфавитные коды, используемые в ассемблере, называются мнемоническими.

Языки высокого уровня отличаются большим разнообразием и предназначены для повышения производительности обработки, приходящейся на одну команду, а следовательно, эффективности разработки самих программ. В настоящее время из языков высокого уровня для персональных микро-ЭВМ наиболее удобным является бэйсик (BASIC), хотя используются и ряд других, как, например, паскаль, ПЛ/М, ада, С-компилятор.

Поскольку каждый ассемблер полностью соответствует машинному языку, он пригоден лишь для одинаковых микро-ЭВМ. Языки высокого уровня тоже отличаются между собой, но каждый из них может быть использован для ЭВМ разного типа, причем для конкретной микро-ЭВМ необходима разработка собственного компилятора. Однако программа, составленная первоначально на языке высокого уровня, после перевода компилятором на машинный язык имеет много длиннот. Поэтому, когда необходимо ускорить обработку, предпочтение отдается программированию на языке ассемблера.

11. Микро-ЭВМ типа Z 80

Микро-ЭВМ типа Z80 является типичной восьмиразрядной микропроцессорной серией универсального применения, причем наиболее совершенной на сегодняшний день. Микропроцессор Z80 был разработан фирмой «Зиллог», учрежденной специалистами, принимавшими ранее самое непосредственное участие в разработках пионерских микропроцессоров фирмы «Интел». В Японии эта

микропроцессорная серия выпускается фирмой «Шарп», играющей роль второго поставщика. Микропроцессор Z80 представляет собой БИС с 8500 транзисторами на кристаллической пластине площадью $4,6 \times 4,9$ мм²; БИС выполнена по *n*-канальной МОП-технологии с кремниевыми затворами. Программное обеспечение микропроцессора совместимо с программной частью микропроцессоров 8080А. Микропроцессор Z80 имеет: 1) расширенный набор команд; 2) упрощенные схемы интерфейса; 3) большее число уровней прерываний; 4) встроенную схему регенерации динамического ОЗУ, т. е. возможность регенерации в самом кристалле содержимого динамической памяти. Ниже приведены основные технические характеристики микропроцессора Z80А:

Напряжение питания, В	+5
Максимальная потребляемая мощность, Вт	1,1
Частота однофазной синхронизации, МГц	0—4,0
Уровни напряжений ввода-вывода	Совместимы с ТТЛ-уровнями (выходной ток, соответствующий логическому 0, равен 1,8 мА)
Время выполнения основных инструкций, мкс	1,6
Число инструкций	158
Число уровней прерывания	2

Общая архитектура системы. Общая схема микро-ЭВМ как системы, центральное место в которой занимает процессор Z80, приведена на рис. 16. Она состоит из пяти БИС набора и стандартных БИС памяти. Основ-

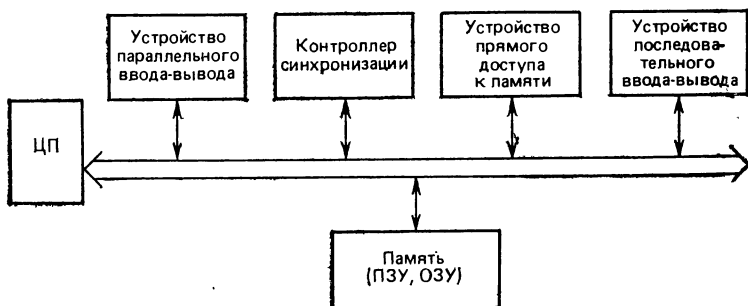


Рис. 16. Структура системы микро-ЭВМ Z80

ные пять БИС изготовлены по n -канальной МОП-технологии с кремниевыми затворами, имеют лишь одно напряжение электрического питания $+5$ В и работают при однофазной синхронизации с уровнями ТТЛ.

Центральный процессор (CPU) — микропроцессор в корпусе с 40 выводами. Устройство параллельного ввода-вывода (PIO, 40 выводов) содержит два восьмиразрядных двунаправленных порта ввода-вывода, имеет четыре режима работы (байтовый ввод, байтовый вывод, двунаправленная шина, битовый контроллер). Контроллер синхронизации (СТС, 28 выводов) содержит восьмиразрядный счетчик, 16-разрядный таймер (четыре канала). Устройство прямого доступа к памяти (DMA, 40 выводов) служит для непосредственной передачи данных из высокоскоростных устройств ввода-вывода в память (16-разрядное адресное пространство памяти). Устройство последовательного ввода-вывода (SIO, 40 выводов) осуществляет асинхронную или синхронную последовательную передачу.

На рис. 17 показана система простейшей микро-ЭВМ, выполненной на основе микропроцессора серии Z80. В минимальной по комплектации системе Z80 должны быть шесть компонентов: 1) центральный процессор; 2) генератор тактовых импульсов; 3) схема сброса; 4) память; 5) схема ввода-вывода; 6) источник питания.

В качестве устройства формирования тактовых импульсов можно использовать простой RC-генератор с прямоугольной формой выходных сигналов. Однако при необходимости получения тактовых импульсов с повышенной стабильностью или при работе центрального процессора с максимальным быстродействием применяется кварцевый генератор. Память можно реализовать на стандартных ПЗУ и ОЗУ. Кроме того, процессор Z80 содержит достаточное число внутренних регистров, чтобы, как например в системе на рис. 17, можно было обойтись без БИС ПЗУ.

Таким образом, при наличии всего лишь нескольких БИС, ИС и источника электрического питания $+5$ В можно собрать сравнительно мощную микро-ЭВМ.

Структура центрального процессора (рис. 18). Как видно из рисунка, в группу регистров общего назначения входят две подгруппы из восьмиразрядных аккумуляторов с присоединенными к ним восьмиразрядными флаговыми регистрами, а также две подгруппы, содер-

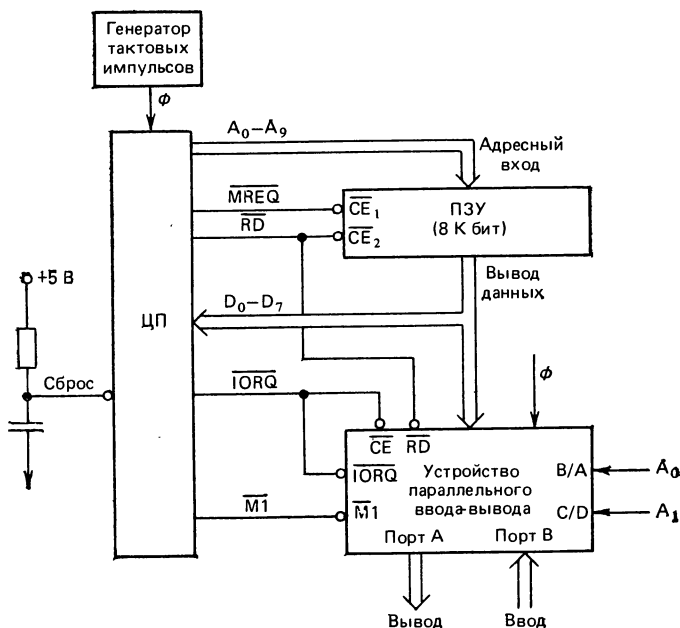


Рис. 17. Система простой микро-ЭВМ Z80

жащие по шесть восьмиразрядных регистров, которые можно перегруппировать в секции по три 16-разрядных регистра. Группа регистров специального назначения содержит программный счетчик, индексный регистр, указатель стека и др.

Сигналы центрального процессора. Расположение и назначение выводов корпуса БИС центрального процессора Z80 показано на рис. 19. Шестнадцать выводов A_0-A_{15} соответствуют адресной шине, с помощью которой можно оперировать непосредственно с адресным пространством памяти в 64 К байт. Двухнаправленная шина данных присоединяется к восьми выводам D_0-D_7 . Двухнаправленность шины данных, а также и адресной шины обеспечивается наличием в них одного из трех состояний: логической «1», логического «0» и разомкнутого (высокоомного).

Выводы шин управления соответствуют уровням отрицательной логики и предназначены для сигналов управления системой ($\overline{M1}$, \overline{MREQ} , \overline{IORQ} , \overline{RD} , \overline{WR} и \overline{RF} ,

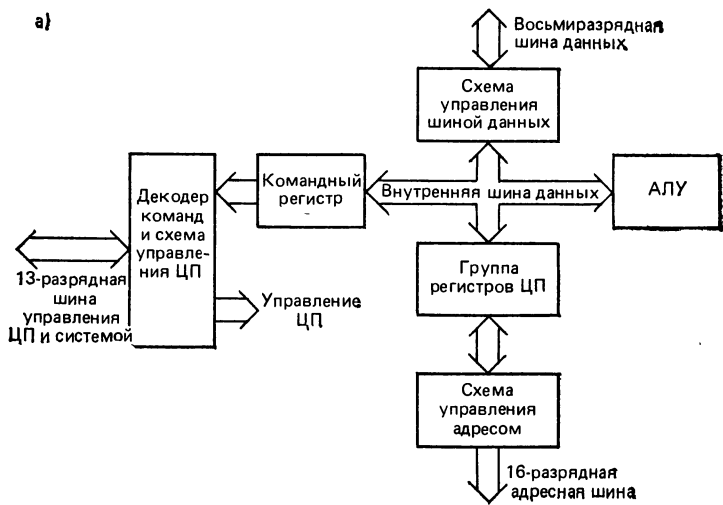


Рис. 18. Структура центрального процессора (а) и внутренних регистров (б) микро-ЭВМ Z80

\overline{SH}), центральным процессором (\overline{HALT} , \overline{WAIT} , \overline{INT} , \overline{NMI} и \overline{RESET}), а также сигналов управления шинами центрального процессора (\overline{BUSRQ} и \overline{BUSAQ}).

Тактовые импульсы процессора. Работа центрального процессора Z80 осуществляется при подаче на него через

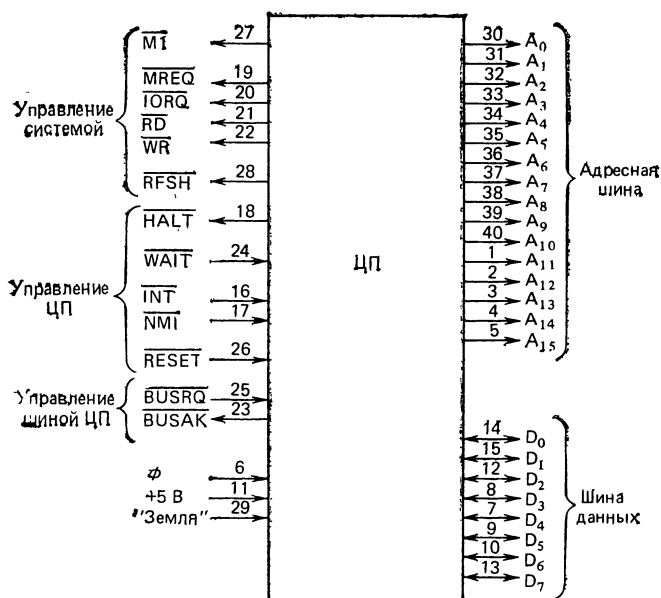


Рис. 19. Расположение выводов корпуса ЦП Z80

вывод 6 (рис. 19) тактовых импульсов, или импульсов синхронизации Φ . Период повторения этих импульсов обозначается как T -цикл. Для выполнения центральным процессором отдельных операций обычно требуется три—шесть T -циклов. Этот временной интервал называется машинным, или M -циклом. Цикл инструкций — период выполнения различных команд — может содержать несколько машинных циклов.

Рис. 20 иллюстрирует синхронизацию работы центрального процессора при выполнении инструкции LD (HL), n . На рисунке представлен весь цикл выполнения этой инструкции, состоящий из трех машинных циклов. Во время первого машинного цикла $M1$ извлекается код операции, во втором машинном цикле $M2$ считывается значение n (по текущему адресу в ПЗУ), в третьем цикле $M3$ значение n как постоянная записывается в ОЗУ по адресу, указанному в регистре HL.

В перечень основных машинных циклов Z80 входят следующие: 1) извлечение кода операции (рис. 21); 2) считывание или запись данных в памяти; 3) считы-

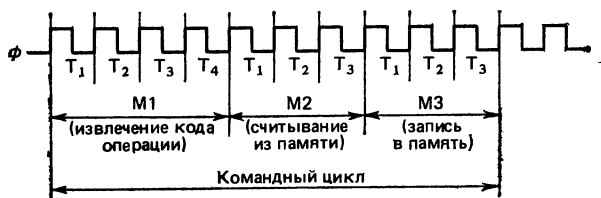


Рис. 20. Пример синхронизации ЦП Z80

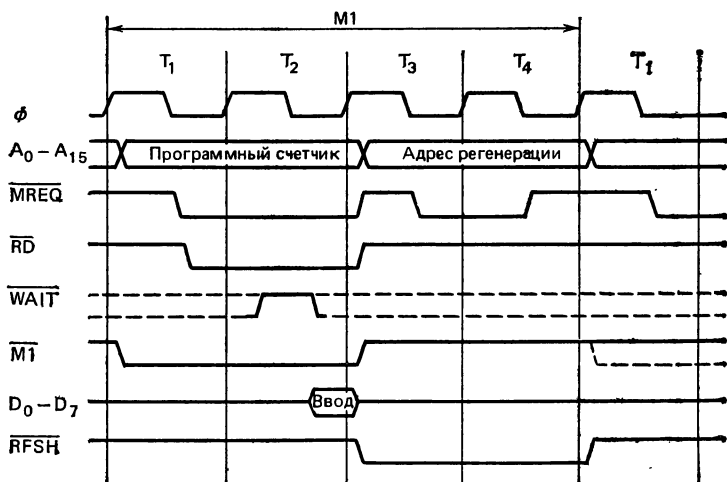


Рис. 21. Синхронизация во время цикла извлечения кода операции

вание или запись данных ввода-вывода; 4) запрос или подтверждение доступа к шине; 5) запрос прерывания с маскированием, подтверждение разрешения на прерывание; 6) запрос или подтверждение прерывания без маскирования; 7) отмена останова.

Набор команд центрального процессора. Общее число команд для Z80 равно 158. Среди них также машинные коды всех 78 команд микропроцессора 8080. Команды микропроцессора Z80 можно укрупненно разделить на следующие восемь функциональных групп: 1) перенос и обмен; 2) блочный перенос, поиск; 3) арифметические расчеты и логические операции; 4) цикл, сдвиг; 5) битовые операции; 6) разветвление, вызов, возврат; 7) ввод-вывод; 8) управление центральным процессором.

На рис. 22 представлен образец программы на языке

LOC OBJCODE STMT Оператор входной программы

```

0000      1  MULT;  Умножение 16-разрядных целых чисел без знака.
          2  ;      Ввод: Множитель в DE.
          3  ;      Множимое в HL
          4  ;
          5  ;      Вывод: Результат в HL.
          6  ;
          7  ;      Используемые регистры:
          8  ;
          9  ;
         10  ;      H      Частичный результат для старших разрядов
         11  ;      L      Частичный результат для младших разрядов
         12  ;      D      Старшие разряды множимого
         13  ;      E      Младшие разряды множимого
         14  ;      B      Счетчик числа сдвигов
         15  ;      C      Старшие разряды множителя
         16  ;      A      Младшие разряды множителя
         17  ;
0000 0610 18      LD      B, 16;      Установка разрядов
0002 4A    19      LD      C, D;      в исходное состояние
0003 7B    20      LD      D, A, E;   Пересылка множителя
0004 EB    21      EX      DE, HL;    Пересылка множимого
0005 210000 22     LD      HL, 0;     Установка частичного резуль-
0008 CB39 23     MLOOP;  SRL      C;   тата в исходное состояние
000A 1F    24     RRA;      Сдвиг множителя вправо
          25 ;      Наименее значащий разряд
000B 3001 26     JR      NC, NOADD-S; Если нет переноса, то про-
          ;      пуск суммирования
000D 19    27     ADD     HL, DE;      Иначе суммирование множи-
          28 ;      мого в частичный результат
000E EB    29     NOADD; EX      DE, HL; Сдвиг множимого влево
000F 29    30     ADD     HL, HL;      При умножении на 2
0010 EB    31     EX      DE, HL;
0011 10F5 32     DJNZ    MLOOP-S;    Повторение до последнего
0013 C9    33     RET;      разряда
          34     END;

```

Рис. 22. Программа на языке ассемблера для Z80

ассемблера. Согласно алгоритму программы производится умножение целых 16-разрядных чисел, а результат этого умножения записывается в регистр HL.

ТЕХНИКА ИНТЕРФЕЙСА

12. Согласование датчиков и микро-ЭВМ

Для согласования датчиков с микро-ЭВМ необходимы разнообразные периферийные схемы (рис. 23). Сначала температура, давление и другие физические величины, являющиеся объектом контроля в системе, преобразуются с помощью датчиков в электрические сигналы. Выходные сигналы датчиков обычно представляют собой аналоговую величину, которую обработать непосредственно в ЭВМ невозможно. Предварительно выходные сигналы датчиков необходимо подвергнуть аналого-цифровому преобразованию и представить их с высокой точностью в цифровом виде. Часто выходной сигнал датчика весьма незначителен, а полное сопротивление самого датчика велико. В таких случаях еще до аналого-цифрового преобразования требуется предварительная

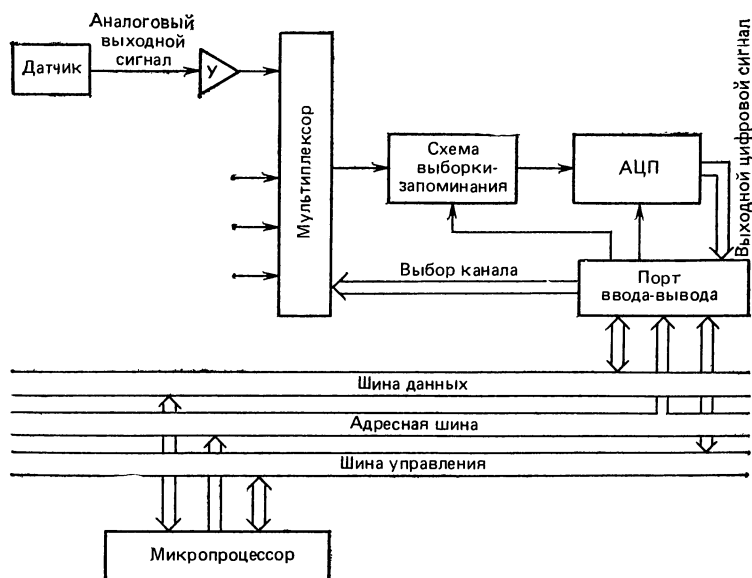


Рис. 23. Структурная схема системы, содержащей датчики и микро-ЭВМ

обработка: усиление сигнала и преобразование выходного сопротивления. Когда в системе много датчиков, то может потребоваться мультиплексор, позволяющий одному аналого-цифровому преобразователю эффективно обслуживать несколько датчиков сразу. Для правильного преобразования в цифровую форму быстро изменяющихся аналоговых сигналов необходимы также схемы выборки-запоминания.

Разумеется, для введения цифровых сигналов от аналого-цифровых преобразователей (АЦП) в ЭВМ необходимы также схемы согласования. В качестве таких согласующих устройств часто используются БИС, называемые программируемым периферийным интерфейсом. Правда, сейчас уже выпускаются АЦП, которые можно присоединять к микро-ЭВМ непосредственно через ее информационную шину, а в некоторых однокристальных микро-ЭВМ имеются даже свои встроенные АЦП со всеми согласующими схемами.

Техника предварительной обработки. Естественно, всевозможные датчики имеют самые разнообразные выходные сигналы. Например, возьмем три температурных датчика: в термопаре в зависимости от температуры изменяется напряжение, а в терморезисторе — сопротивление, в фотодиоде — электрический ток. Это так называемые датчики с аналоговым выходным сигналом. Имеются датчики с цифровым, или бинарным, и квазидигитальным сигналом на выходе, работающие подобно переключателю, как, например, биметаллические выключатели-предохранители. Кроме того, датчики регистрируют изменение таких параметров, как частота (доплеровский измеритель скорости), временной интервал (ультразвуковой дальномер) и др.

Перед введением различных сигналов датчиков в микро-ЭВМ часто требуется предварительная обработка, которая упрощает и облегчает дальнейшие операции над этими сигналами. Характер предварительной обработки почти полностью зависит от вида датчика.

Когда выходные сигналы датчиков очень малы, схема предварительной обработки (табл. 9) представляет собой просто усилитель. В настоящее время выпускаются операционные усилители (ОУ) в виде ИС с разнообразными характеристиками. Поэтому всегда, за исключением некоторых случаев, для усиления сигналов датчиков можно подобрать соответствующую ИС опера-

Таблица 9. Схемы предварительной обработки

Тип схемы	Функция, назначение
Усилитель	Усиление слабых выходных сигналов датчиков
Преобразователь сопротивления	Преобразование высокого выходного сопротивления датчика в низкое
Преобразователь ток — напряжение	Преобразование выходного сигнала датчика в виде электрического тока в соответствующее изменение электрического напряжения
Преобразователь действующих значений	Преобразование выходного сигнала датчика в виде переменного тока в сигнал постоянного тока с тем же действующим значением
Схема логарифмического сжатия	Сжатие динамического диапазона выходных сигналов датчика с помощью логарифмического усилителя
Фильтр	Подавление шумовых составляющих выходного сигнала датчика с помощью фильтров нижних частот или полосовых фильтров
Схема линейаризации	Коррекция выходного сигнала датчика с нелинейной характеристикой
Регулятор усиления	Переключение коэффициента усиления для обеспечения максимальной чувствительности

ционного усилителя. Основные схемы усиления показаны на рис. 24. Для выбора нужной ИС необходимо достаточно подробное ознакомление с системой стандартизации этих ИС, отличной от системы для цифровых схем. Исходя из цели применения можно выбрать подходящий операционный усилитель. Перечислим некоторые виды ОУ и отметим их особенности.

1. ОУ общего назначения. В основном дешевы.
2. ОУ, работающие от одного источника питания. Это ОУ общего назначения и подобные им ОУ сдвоенного и счетверенного типа.
3. Низкошумящие ОУ. С малым шумовым напряже-

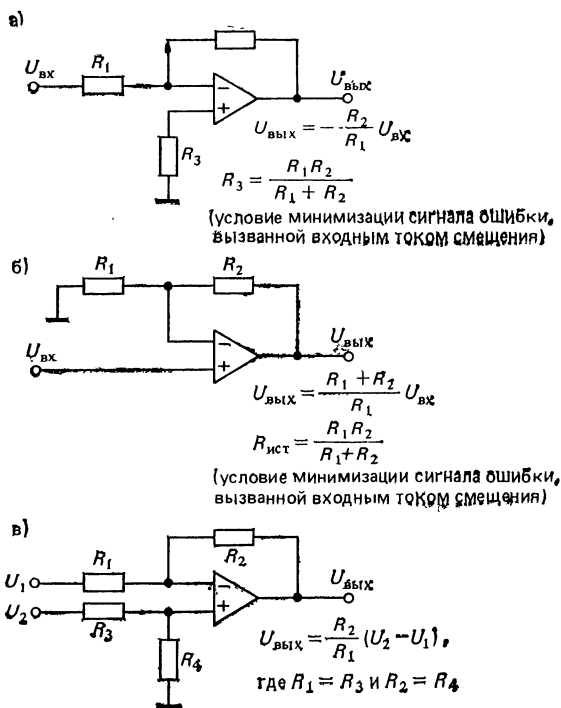


Рис. 24. Схемы усиления, выполненные на основе операционных усилителей а — инвертирующая; б — неинвертирующая; в — дифференциальная

нием на входе, с улучшенной характеристикой благодаря современной интегральной технологии.

4. Высокоточные ОУ. С гальваническими связями или ключевого типа, обладающие малым дрейфом характеристик.

5. ОУ с высоким входным сопротивлением. На биполярных транзисторах, полевых транзисторах с $p-n$ -переходом, полевых МОП-транзисторах.

6. Быстродействующие (широкополосные) ОУ. С высокой скоростью нарастания выходного напряжения (10 В/мкс и более).

7. ОУ с малым потреблением электроэнергии. Создаются по КМОП-технологии и обычно предназначены для работы от автономного источника питания.

Операционные усилители можно использовать во

многих видах предварительной обработки, поэтому они являются одним из главных устройств техники предварительной обработки. Примеры некоторых схем предварительной обработки, выполненных на основе операционных усилителей, приведены на рис. 25.

Датчики бинарного типа. Среди датчиков немало таких, которые обнаруживают только переход контролируемой физической величиной определенного порогового значения. Типичными представителями подобных датчиков являются биметаллические переключатели и датчики положения на основе концевых выключателей.

Такие датчики называются бинарными, так как их выходной сигнал имеет только одно из двух состояний: «включено» или «выключено».

Бинарные датчики по принципу действия делятся на контактные и бесконтактные. Первые содержат электро-механический контакт. В большинстве случаев для управления контактом используются переключательные возможности самого датчика. К контактному типу относятся и датчики комбинированные, как, например, датчик уровня воды, состоящий из поплавка и микровыключателя. Выходные сигналы контактных бинарных датчиков сравнительно легко вводятся в микро-ЭВМ. При этом обычно используются схемы, подобные приведенной на рис. 26. Поскольку при замыкании контакта в таких датчиках часто возникает дребезг (многократность контактирования), для устранения нежелательных послед-

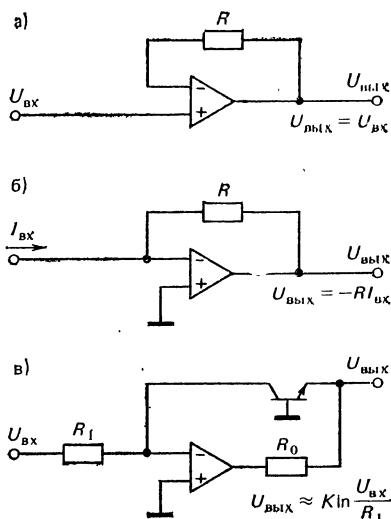


Рис. 25. Схемы предварительной обработки, выполненные на основе операционных усилителей: а — преобразователь сопротивления (однокаскадный буферный усилитель); б — преобразователь «электрический ток — напряжение»; в — схема логарифмического сжатия

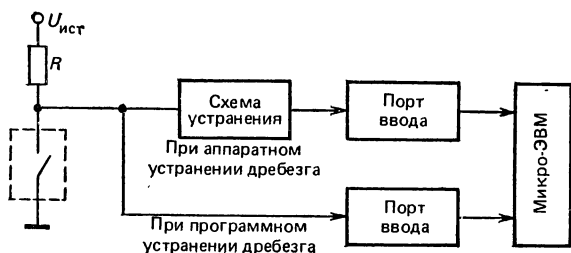


Рис. 26. Схема ввода для сигналов бинарного датчика контактного типа

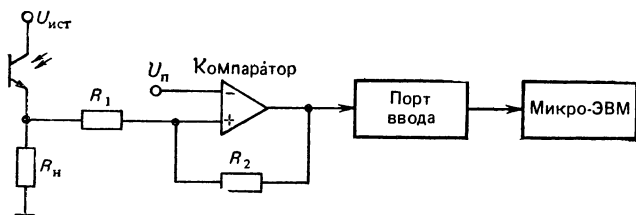


Рис. 27. Схема ввода для сигналов бинарного датчика бесконтактного типа

ствий этого явления необходимо предусмотреть соответствующие аппаратные или программные средства.

К бесконтактному типу бинарных датчиков относятся, например, датчики положения, выполненные на основе оптического прерывателя или элемента Холла. В датчиках этого типа состояние «включено» или «выключено» на выходе отражается в виде изменения электрического сигнала, имеющего скорее аналоговый, чем чисто цифровой характер. Обычно для улучшения качества выходного сигнала бесконтактного датчика используется компаратор, как это показано на рис. 27. Компаратор сравнивает выходной сигнал датчика с некоторым пороговым уровнем U_n и на основании этого оценивает состояние датчика — «включено» или «выключено». Когда выходной сигнал датчика близок к уровню сравнения, то под влиянием шумовых составляющих может начаться многократное срабатывание компаратора. Для устранения этого недостатка схема компаратора должна обладать некоторым гистерезисом, обеспечивающим необходимую зону нечувствительности. При этом следует учитывать, что с увеличением гистерезиса стабильность

срабатывания улучшается, но зато снижается точность обнаружения (Ширина петли гистерезиса определяется соотношением R_1 и R_2 .)

В более широком понимании бинарный датчик бесконтактного типа — это комбинация датчика, имеющего аналоговый выходной сигнал, с компаратором, а бинарный датчик контактного типа — это комбинация с релейной схемой.

Аналоговые датчики. В тех случаях, когда необходимо знать лишь о том, превышает регистрируемая физическая величина определенный уровень или нет, достаточно бинарного датчика. Когда же требуется получать информацию в некотором непрерывном интервале значений физической величины, необходимо использовать датчики аналогового типа. По виду изменяемого выходного электрического параметра аналоговые датчики делятся на три группы: с изменяемым выходным напряжением, током или сопротивлением.

Типичные способы соединения аналоговых датчиков с микро-ЭВМ представлены на рис. 28. Самый распространенный способ — с использованием АЦП. Выходной сигнал датчика после первичной обработки превращается в аналоговое напряжение оптимального уровня, а затем с помощью АЦП преобразуется в цифровой сигнал.

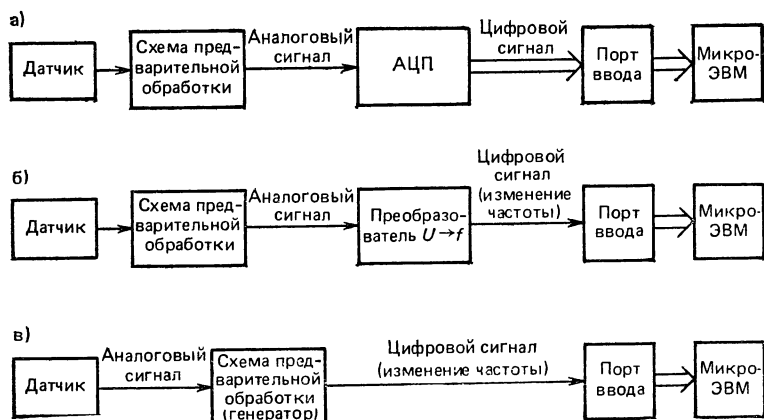


Рис. 28. Способы соединения датчиков аналогового типа и микро-ЭВМ с использованием АЦП (а), преобразования «напряжение — частота» (б), RC или LC-генератора (в)

Когда датчики и микро-ЭВМ расположены на значительном расстоянии друг от друга, удобен способ соединения, при котором аналоговое напряжение преобразуется с помощью преобразователя «напряжение — частота» в соответствующее изменение частоты несущей или импульсов. Выбрав для передачи сигналов различных датчиков разные частоты, можно уменьшить число сигнальных жил в соединительном кабеле между датчиками и микро-ЭВМ. К тому же при передаче цифровыми сигналами с изменяемой частотой повышается помехоустойчивость системы.

Аналого-цифровые преобразователи и преобразователи «напряжение — частота» сравнительно дороги, поэтому при наличии датчиков с изменяемым выходным сопротивлением удобнее для преобразования в частотно-изменяемый сигнал использовать RC - или LC -генератор. Введение частотно-изменяемых сигналов в микро-ЭВМ осуществляется одним из двух способов. При первом определяется частота сигнала с помощью счетчика. При втором подсчет частоты принимаемого сигнала делает сама ЭВМ благодаря возможностям своей рабочей программы и без привлечения дополнительной аппаратуры. Разумеется, при введении частотно-изменяемых сигналов от датчиков непосредственно в микро-ЭВМ увеличивается общее время, необходимое на обработку.

13. Аналого-цифровые преобразователи

Как уже отмечалось, при введении в микро-ЭВМ сигналов от аналоговых датчиков чаще всего используются аналого-цифровые преобразователи. Рассмотрим их подробнее.

Принципы работы. Существует несколько способов аналого-цифрового преобразования, но самые распространенные среди них два: метод с интегрированием и метод последовательных сравнений. Продолжительность преобразования аналогового сигнала в восьмиразрядный код методом с интегрированием обычно составляет 1—20 мс, а методом последовательных сравнений 10—30 мкс.

Основные критерии для выбора необходимого АЦП — время преобразования, точность и стоимость преобразователя. Преобразователи, работающие по методу с интегрированием, имеют малую стоимость и превосходную точность, но отличаются относительно большой продол-

жительностью преобразования. Метод последовательных сравнений обеспечивает высокую скорость преобразования, но стоимость преобразователей, работающих по этому принципу, резко растет по мере увеличения необходимой точности преобразования.

АЦП с интегрированием. При аналогово-цифровом преобразовании с интегрированием могут использоваться несколько вариантов: с одним, двумя и более наклонами интегрирования, но в основе все они одинаковы. Наиболее широко используется метод с двумя наклонами интегрирования (с двойным интегрированием). Такой преобразователь имеет хорошую линейность характеристики, малые шумы и низкую стоимость. Его рабочий цикл содержит три периода (рис. 29): коррекции нуля (Φ_1), интегрирования входного сигнала (Φ_2) и интегрирования опорного напряжения (Φ_3).

Сначала, в течение периода Φ_1 , производится автоматическая коррекция сигнала ошибки путем регулирования напряжения смещения. При этом вход преобразователя замыкается на корпус, организуется петля обратной связи и информация об ошибке запоминается на конденсаторе C_2 . В следующем периоде (Φ_2) производится интегрирование входного сигнала и одновременно отсчет некоторого постоянного числа тактовых импульсов. В конце этого периода на выходе интегратора получается напряжение, пропорциональное значению входного сигнала. В последнем периоде (Φ_3) на вход интегратора вместо исходного сигнала подается опорное напряжение противоположной полярности. При этом выходное напряжение интегратора начинает падать. Одновременно производится счет тактовых импульсов, и так вплоть до выравнивания напряжения с уровнем сравнения компаратора. Цифровой эквивалент входного сигнала определяется следующим образом. Если T_2 —длительность первого интервала интегрирования (период Φ_2), а T_3 —длительность второго интервала интегрирования (период Φ_3), измеряемые путем подсчета тактовых импульсов, то цифровое значение входного сигнала $U_{вх} = (T_3/T_2) U_{оп}$.

При способе преобразования с двойным интегрированием точность преобразования не зависит от емкости конденсатора интегратора и частоты тактового генератора при условии их стабильности в течение короткого периода интегрирования, а зависит лишь от стабильности опорного напряжения. Еще одним достоинством это-

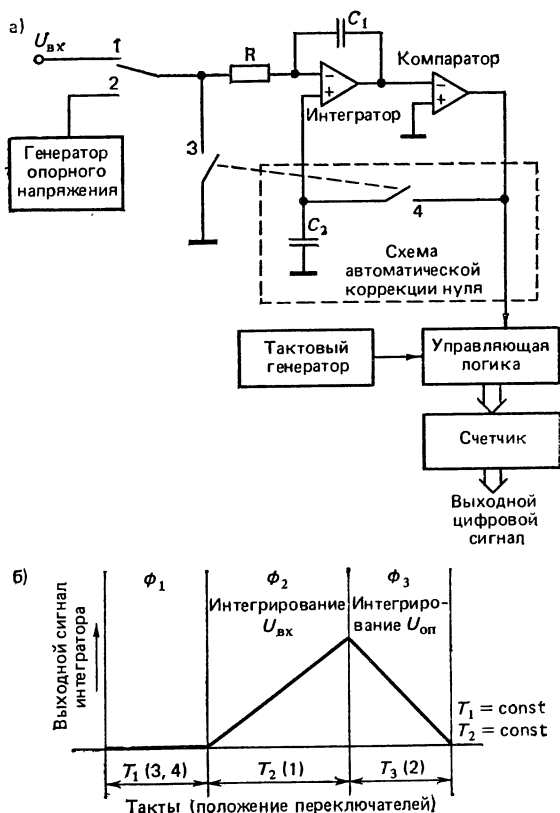
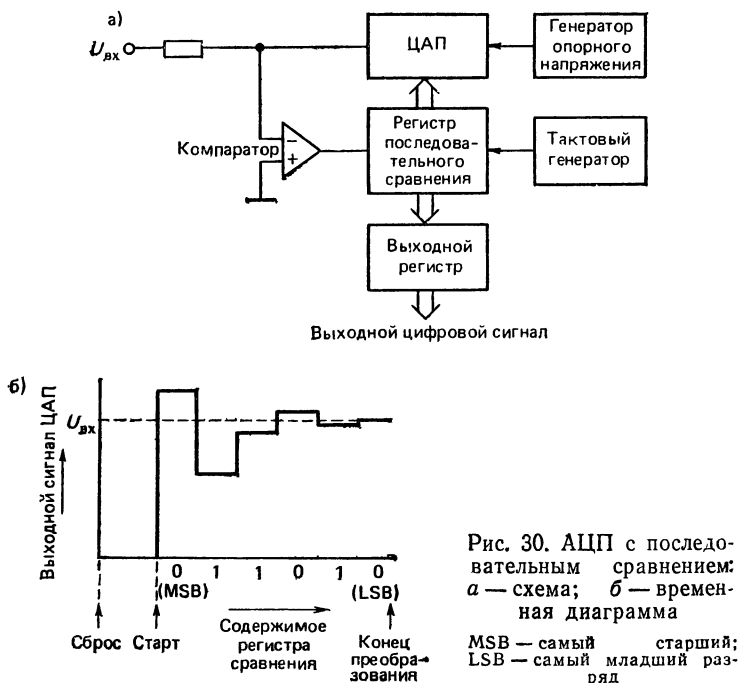


Рис. 29. АЦП с двойным интегрированием:
а — схема; б — временная диаграмма

го способа является чрезвычайно низкий уровень шумов. Недостаток метода в сравнительно большой продолжительности преобразования.

АЦП с последовательным сравнением. Схема АЦП, работающего по способу преобразования с последовательным сравнением, или, иначе, по принципу поразрядного уравнивания, представлена на рис. 30. Преобразователь этого типа содержит регистр последовательного сравнения, цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) и компаратор, сравнивающий входное напряжение с аналоговым напряжением на выходе ЦАП. Сравнение производится последовательно, начиная с самого



старшего разряда регистра сравнения, код которого и преобразуется в аналоговое напряжение с помощью ЦАП. На каждом шаге сравнения устанавливается значение очередного разряда. Начальное значение каждого обрабатываемого разряда устанавливается равным логической 1. Если входное напряжение от датчика меньше выходного напряжения ЦАП, логическая 1 обрабатываемого разряда регистра сохраняется. Если же входное напряжение больше напряжения на выходе ЦАП, то в текущем разряде регистра устанавливается значение логического 0. Затем производится аналогичная обработка каждого последующего разряда в регистре. Выходной цифровой код после обработки всех разрядов регистра снимается непосредственно с этого же регистра.

Преимуществом АЦП с последовательным сравнением является постоянство интервала преобразования и независимость его от входного аналогового напряжения. Однако преобразователь такого типа не свободен и от

недостатков. Во-первых, имеется целый ряд факторов, влияющих на погрешность преобразования. В их числе погрешности ЦАП, компаратора и нестабильность опорного напряжения. Во-вторых, достижение высокой точности сопряжено с удорожанием преобразователя. Обычно АЦП с последовательным сравнением используются там, где требуются относительно высокие скорости преобразования.

Основные характеристики. Поскольку каждый АЦП имеет свои особенности, обусловленные принципом преобразования, при выборе того или иного типа преобразователя необходимо исходить из цели применения с учетом следующих наиболее важных характеристик этих устройств.

Разрешающая способность. Под разрешающей способностью обычно понимается минимальное значение аналогового сигнала, которое еще может различаться преобразователем. Разрешающая способность n -разрядного АЦП равна частному от деления на 2^n диапазона входного аналогового напряжения. В некоторых случаях разрешающая способность определяется в процентах диапазона входного напряжения.

Точность. В процессе квантования входного сигнала по уровню происходит округление его до ближайшего цифрового значения в пределах самого младшего разряда цифрового кода, т.е. возникает погрешность квантования, которая, как явствует из рис. 31, находится в пределах $\pm 0,5$ значения самого младшего разряда.

Это принципиальная погрешность. В реальных АЦП кроме этой погрешности существуют и другие.

Погрешность нелинейной характеристики. Нелинейность — это отклонение передаточной характеристики преобразователя от идеальной прямой линии. При этом возникают два рода погрешностей, связанных с нелинейностью

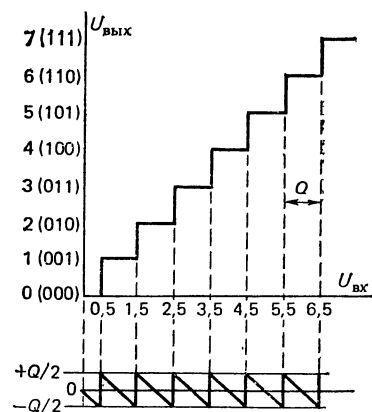


Рис. 31. Погрешность квантования в АЦП

характеристики: 1) линейная погрешность, отражающая общую кривизну передаточной характеристики; 2) линейная погрешность (дифференциальная), обусловленная искривлениями характеристики на отдельных ее участках. Линейная погрешность определяется максимальным отклонением передаточной функции преобразователя от прямой линии, соединяющей оба конца интервала преобразования. Эта погрешность измеряется в процентах диапазона преобразования или в долях самого младшего разряда. Дифференциальная линейная погрешность — это отклонение от указанной выше прямой на произвольных участках преобразования за пределы одного бита. При дифференциальной линейной погрешности более ± 1 самого младшего разряда возникают ошибочные коды, а в выходном цифровом сигнале происходит скачок, т. е. нарушается монотонность преобразования. Природа возникновения упомянутых погрешностей поясняется на рис. 32.

Погрешность смещения измеряется значением входного сигнала, необходимым для обеспечения равенства выходного цифрового кода нулю.

Погрешность усиления характеризуется разницей в наклоне реальной и идеальной передаточных характеристик преобразования.

Температурная погрешность накладывает на все другие выше перечисленные погрешности, т. е. от температуры зависит и дифференциальная линейная погрешность, и погрешность смещения, и погрешность усиления и др.

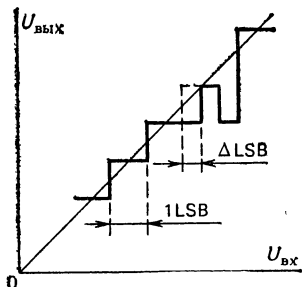


Рис. 32. Дифференциальная линейная погрешность АЦП и немонотонность характеристики преобразования

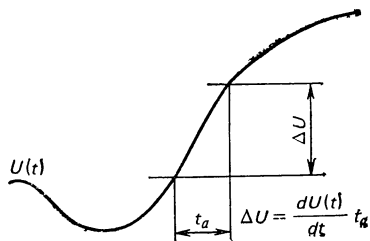


Рис. 33. Временная апертура и составляющая погрешности

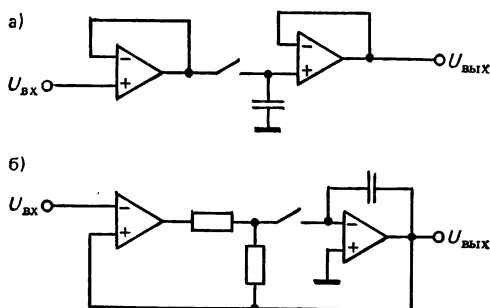


Рис. 34. Схема выборки-запоминания с разомкнутым (а) и замкнутым (б) контуром

Скорость преобразования. Временной интервал, необходимый для осуществления правильного преобразования (временная апертура), зависит от скорости изменения входного сигнала и заданной разрешающей способности преобразования. Как показано на рис. 33, о требуемом быстродействии можно судить исходя из этого временного интервала временной апертуры и производной сигнала внутри его. Если изменение входного сигнала во время квантования превысит значение одного бита, то выходной код АЦП уже не будет соответствовать истинному значению входного сигнала.

Периферийные схемы. *Схема выборки-запоминания.* Создание АЦП с большим быстродействием и высокой разрешающей способностью представляет собой технические трудности и обходится недешево. Для частичного решения этой проблемы можно включать непосредственно перед АЦП схему выборки-запоминания (рис. 34), позволяющую, в частности, упростить преобразователь и уменьшить его стоимость. Благодаря почти мгновенному временному квантованию (выборке) исходного сигнала сжимается временная апертура, а далее значение этой выборки запоминается на время, необходимое для полного цикла аналого-цифрового преобразования. Чтобы сохранить информацию об исходном сигнале, желательно выборку производить как можно чаще. Однако частоту выборки обычно ограничивают, пользуясь хорошо известным принципом квантования: если непрерывный сигнал с высокочастотными составляющими не вы-

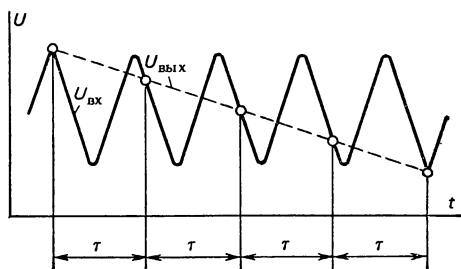


Рис. 35. Пример искажения информации

ше f_c квантовать с частотой выборки не менее $2f_c$, то затем сигнал можно восстановить без искажений.

Реальный входной сигнал может содержать шумовые высокочастотные составляющие, поэтому в таких случаях перед схемой выборки-запоминания необходимо оборудовать фильтр нижних частот, подавляющий шумы. На рис. 35 показано, как высокочастотная шумовая составляющая, накладываясь на исходный сигнал, приводит при квантовании без предварительной фильтрации к искажению информации о значении сигнала.

Если производится квантование периодического сигнала с частотой выборки менее двух раз за период сигнала, то воспроизведенный после этого сигнал будет весьма отличен от исходного. Его частота называется фиктивной.

Аналоговый мультиплексор. Стоимость АЦП с хорошими параметрами обычно довольно велика, поэтому для преобразования в цифровые коды сразу нескольких аналоговых сигналов удобнее использовать единственный преобразователь, но в совокупности с аналоговым мультиплексором (рис. 36). Понятно, что благодаря применению мультиплексора одновременно можно ограничиться и меньшим числом портов ввода микро-ЭВМ.

Мультиплексор состоит из аналоговых переключателей, каждый из которых может присоединять свой вход к общему для всех переключателей выходу. Выбор того или иного входного канала для подсоединения к выходу производится включением соответствующего аналогового переключателя путем выдачи бинарного кода с его адресом. В качестве аналоговых переключателей чаще

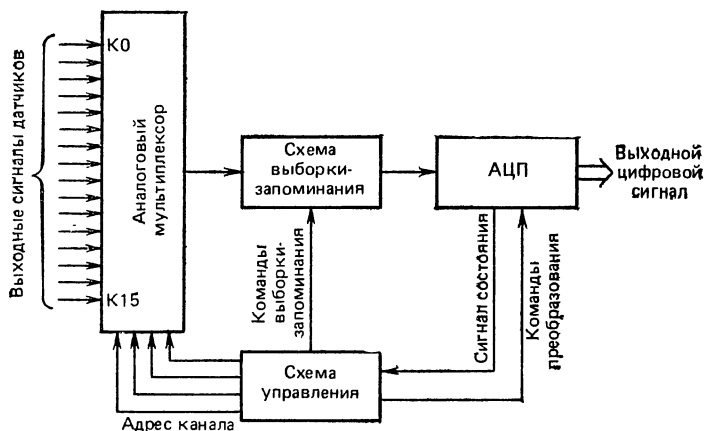


Рис. 36. Пример использования аналогового мультиплексора

всего используются полевые МОП-транзисторы, и если последующие каскады схемы переключателя имеют высокое входное сопротивление, то эти транзисторы присоединяются к ним непосредственно.

Соединение АЦП с микро-ЭВМ. Данные, полученные в результате преобразования в АЦП, в конце концов необходимо ввести в микро-ЭВМ. Существует общий метод ввода подобных данных: путем расшифровки кода адресной шины микро-ЭВМ выбирается АЦП, затем дается стартовая команда для начала преобразования, а после его окончания полученные данные переводятся в память микро-ЭВМ.

Конкретное осуществление этого метода зависит как от типа АЦП, так и от архитектуры самой микро-ЭВМ. Ниже рассматриваются особенности взаимоотношений между микро-ЭВМ и АЦП при вводе результатов преобразования.

Выбор адреса. Для выбора адреса АЦП в общей памяти ЭВМ или специальной памяти организуется карта ввода-вывода (рис. 37). В первом случае адреса АЦП заносятся в пустые ячейки общей памяти и для обращения к преобразователям можно использовать различные команды опроса памяти. Этот метод применим для микропроцессорной серии 6800, где отсутствует отдельно выделенное адресное пространство для ввода-вывода. Во втором случае, как, например, в системах на мик-

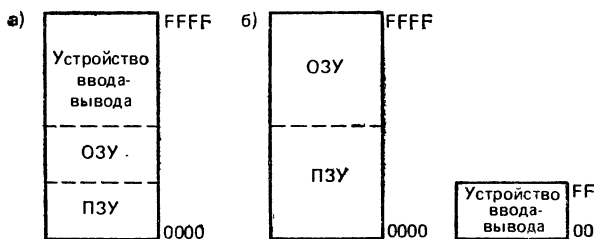


Рис. 37. Карта ввода-вывода в общей (а) и специальной (б) памяти

ропроцессорах Z80, имеется специальная память для ввода-вывода, поэтому общая память ЭВМ может быть использована более эффективно. На рис. 38 представлена схема выбора адреса АЦП с помощью специально оборудованной памяти ввода-вывода.

Получение данных. Существуют различные способы получения результатов преобразования после того, как подана от микро-ЭВМ в АЦП стартовая команда и преобразование завершено.

Метод голосования. Микро-ЭВМ после выдачи в АЦП стартовой команды работает по специальной программе, в соответствии с которой производится опрос состояния преобразователя относительно законченности преобразования. Сразу по завершении преобразования результирующие данные считываются и микро-ЭВМ может приступить к их обработке. Обычно для опроса состояния требуется отдельный входной порт.

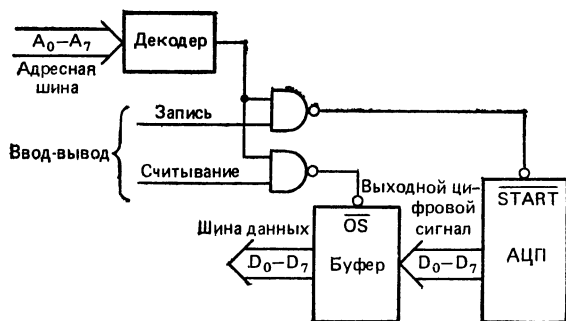


Рис. 38. Выбор АЦП по карте ввода-вывода в отведенной для этого памяти

Метод прерываний. После выдачи в АЦП стартовой команды микро-ЭВМ продолжает работать по своей программе. Но как только преобразование заканчивается, АЦП выдает сигнал запроса на прерывание. Микро-ЭВМ в соответствии с сигналом от АЦП временно прерывает выполнение текущей программы и производит считывание данных преобразования. Этот метод считывания особенно приемлем при использовании АЦП с интегрированием, в которых продолжительность преобразования сравнительно велика и зависит от значения входного сигнала.

Метод прямого доступа к памяти. Данные из АЦП с помощью контроллера прямого доступа к памяти, минуя центральный процессор, переносятся непосредственно в память ЭВМ. Этот способ удобно использовать при большом объеме данных, получаемых от быстродействующих АЦП.

14. Расширение возможностей датчиков

С помощью дополнительной обработки, вводимой в микро-ЭВМ от датчиков, применяя специальные расчеты, можно значительно расширить возможности датчиков. Для этого существует множество разнообразных методов. Рассмотрим некоторые из них.

Преобразование характеристик датчиков. Выходной сигнал датчика изменяется в соответствии с контролируемой физической величиной, но эта зависимость не обязательно линейна. Например, сопротивление терморезистора в зависимости от температуры изменяется по экспоненциальному закону. Следовательно, для определения сопротивления желательно произвести предварительно преобразование, обратное экспоненциальному.

Раньше в подобных случаях часто использовались специальные аналоговые схемы, но далеко не все они имели удовлетворительные характеристики. Если же применять для этих целей микро-ЭВМ, то можно реализовать необходимые преобразования чисто программными средствами, без привлечения какой-либо дополнительной аппаратуры. Подобное преобразование характеристик датчиков обычно осуществляется одним из двух способов.

Первый из них основан на простых преобразованиях входного сигнала. Необходимая коррекция введенных в

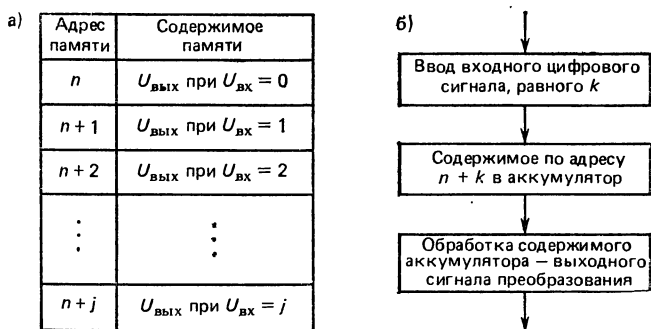


Рис. 39. Обработка данных методом табличных преобразований: а — организация таблицы преобразований в памяти; б — блок-схема программы преобразования

микро-ЭВМ данных производится с помощью дополнительных вычислительных операций. Второй способ связан с табличными преобразованиями и применяется для сложных или требующих высокого быстродействия преобразований. При табличном методе программная память почти не используется, зато требуется значительная емкость памяти для констант преобразования. На рис. 39 приведен пример табличного метода преобразований.

Совместная обработка многих переменных. При измерении всевозможных параметров объекта многие из этих контролируемых параметров могут оказаться связанными между собой определенными зависимостями. Это обстоятельство можно использовать для различных целей. Например, имея два температурных датчика и измеряя температуру по сухому и влажному датчикам, можно определить влажность, если воспользоваться с помощью микро-ЭВМ соответствующими табличными преобразованиями. Аналогичным образом, производя оптимальную обработку на ЭВМ (например, на основе тех же табличных методов), сигналов от многих датчиков, можно определить значения физических величин, не измеряемых данными датчиками непосредственно.

Этими же методами производится при необходимости коррекция сигналов датчика, когда его выходной сигнал зависит не только от измеряемого им параметра, но и от других. Используя дополнительные датчики для измерения этих «мешающих» параметров, можно устра-

нить влияние последних. Например, выходной сигнал фотодатчика имеет паразитную зависимость от температуры, но, поместив поблизости от него температурный датчик и введя в микро-ЭВМ сигналы от обоих датчиков, можно произвести температурную коррекцию показаний фотодатчика.

Кроме вышеупомянутых способов усовершенствования датчиков можно реализовать и ряд других разнообразных неявных возможностей с помощью дополнительных оптимальных программных средств, а в некоторых случаях и с привлечением аппаратных средств. В частности, при широком динамическом диапазоне выходных сигналов датчиков или при вводе в микро-ЭВМ выходных сигналов от весьма разнообразных датчиков целесообразно автоматическое переключение диапазонов. Это легко может быть реализовано с помощью микро-ЭВМ путем программного переключения ею коэффициентов усиления усилительных схем или коэффициентов затухания регулируемых аттенюаторов.

В тех случаях, когда измеряемые параметры имеют временную зависимость, вполне могут потребоваться такие виды обработки, как дифференцирование или интегрирование, которые тоже производятся с помощью микро-ЭВМ. Дифференцирование и интегрирование могут быть эффективны также при выявлении различных картин пространственного распределения.

Статистическая обработка, реализуемая на микро-ЭВМ, может быть полезна при наличии выходных данных от большого числа датчиков, причем статистические оценки производятся почти без увеличения стоимости системы. Усредняя результаты нескольких измерений, можно уменьшить влияние случайных помех. Микро-ЭВМ может принять решение о необходимости продолжать выборку, если стандартное отклонение от вычисленного среднего значения превышает допустимое.

В случае изменения характеристик датчиков во времени микро-ЭВМ может производить их коррекцию. Автоматическая коррекция позволяет получать от датчиков правильную информацию в течение всего срока их службы.

Наконец, с помощью микро-ЭВМ сравнительно легко реализуется возможность постоянной самодиагностики системы; правда, самодиагностика пока бессильна против неисправностей самой ЭВМ.

СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКОВ И МИКРО-ЭВМ

15. Воздушный кондиционер

Среди бытовых электроприборов воздушные кондиционеры выделяются тем, что в них быстрее, чем в остальных устройствах, не считая электронной печи, были внедрены микро-ЭВМ. Основная функция системы воздушного кондиционирования — регулирование температуры в помещении. Кроме того, микро-ЭВМ кондиционера может выполнять и ряд дополнительных функций, в частности, связанных с работой таймера и организацией защиты устройства при выходе из строя компрессора.

Кондиционер обычно вставляется в окно подобно форточному вентилятору (рис. 40). Температурные датчики (терморезисторы) находятся как внутри, так и снаружи помещения. На основе показаний обоих датчиков с помощью микро-ЭВМ автоматически переключаются режимы работы: искусственное охлаждение воздуха в помещении или охлаждение всасываемым воздухом (режим форточного вентилятора). В режиме искусственного охлаждения потребляется гораздо больше электрической энергии, чем в режиме всасывания наружного воздуха. Поэтому, если температура снаружи помещения ниже определенного значения, переключение с искусственного охлаждения на всасывание прохладного наружного воздуха позволяет сэкономить электроэнергию. При выполнении микро-ЭВМ функций таймера можно осуществить точную программную регулировку температуры. Например, для предупреждения переохлаждения во время сна можно включить таймер и через час температура автоматически изменится до предварительно установленного значения.

Особенностью данного кондиционера является возможность автоматической вентиляции с его помощью. Для реализации этой возможности кондиционер оснащен полупроводниковым газовым датчиком (рис. 41), который служит индикатором степени чистоты воздуха. Как только датчик обнаруживает загрязнение воздуха в помещении, происходит автоматическое переключение

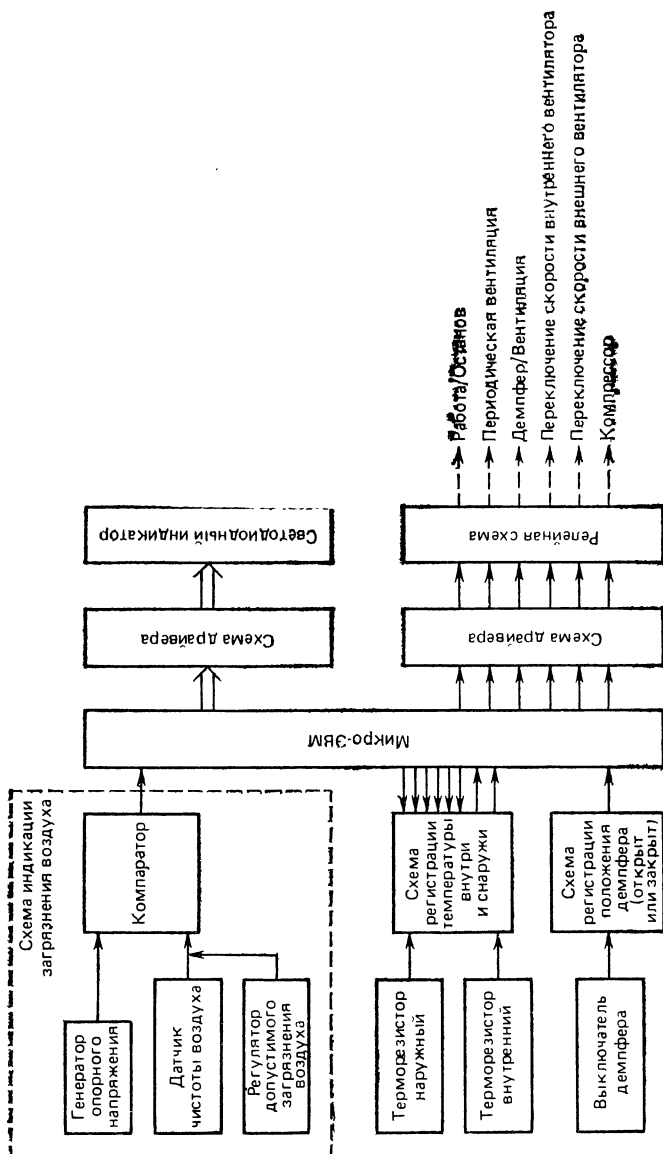


Рис. 40. Структурная схема воздушного кондиционера, вставляемого в окно

на режим вентиляции. Полупроводниковый газовый датчик, основу которого составляет полупроводниковый (SnO_2) элемент, чувствителен к задымленности комнаты, появлению в ее атмосфере неприятных запахов и различных загрязняющих веществ (горючий газ городской сети, пары жидкого пропана, мелкие частицы от распыления пульверизатором и др.). Сопротивление датчика падает по мере увеличения загрязненности воздуха. Пользователь с помощью ручки регулировки выставляет желаемый уровень чистоты воздуха; при загрязненности воздуха в помещении свыше выставленного уровня автоматически включается режим вентиляции.

Еще одним из удобств современных кондиционеров со встроенной микро-ЭВМ является возможность регулировать влажность среды обитания, для чего добавляется датчик влажности (рис. 42). Прежде не было достаточно надежных и дешевых датчиков влажности, и лишь в последнее время стали выпускаться датчики, лишенные этих недостатков и вполне пригодные для широкого практического применения, что и позволило осуществить вышеупомянутую возможность регулировки, а следовательно, повысить комфортность атмосферы в помещении.

Следует отметить, что система регулировки состояния атмосферы в помещении с помощью описанного

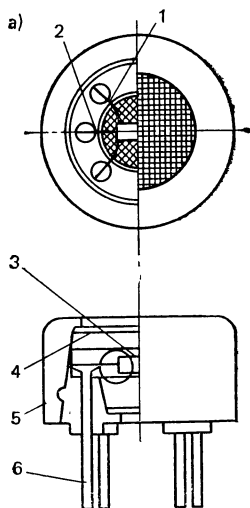


Рис. 41. Полупроводниковый газовый датчик (а) и его характеристика (б) в логарифмическом масштабе

1 — вывод электрода; 2 — провод нагревателя; 3 — полупроводниковый элемент; 4 — металлическая сетка; 5 — колпачок цоколя; 6 — вывод датчика



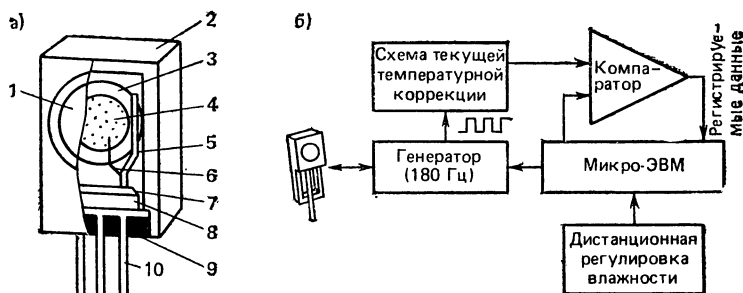


Рис. 42. Датчик влажности на основе $\text{ZnO-Sr}_2\text{O}_3$ (а) и схема (б) его соединения с микро-ЭВМ

1 — сетчатый фильтр; 2 — пластмассовый корпус; 3 — керамический элемент; 4 — пористый электрод (Au); 5 — держатель элемента; 6 — вывод электрода (Pt); 7 — стеклянная фиксирующая часть; 8 — герметическое уплотнение; 9 — эпоксидная заливка; 10 — вывод

кондиционера наряду с указанными удобствами обеспечивает еще и 33—35 % -ную экономию электроэнергии.

16. Электронная печь

Автоматизация приготовления пищи была давнейшей мечтой всех, кто связан с кухонной технологией. Впервые в какой-то мере это осуществилось благодаря автоматической электрической плите. Однако даже с появлением более удобной электронной СВЧ-печи автоматизация приготовления различных блюд представлялась весьма трудной задачей. До настоящего времени управление разогревом и приготовлением пищи в этих печах производилось с помощью механических таймеров, автоматизация же стала реальностью только в результате последних достижений в технике датчиков и микро-ЭВМ. Большая заслуга в этом деле и специалистов, нашедших оптимальные варианты датчиков и микро-ЭВМ для этого конкретного случая.

Сейчас электронные СВЧ-печи с автоматизацией приготовления пищи становятся основой кухонного оборудования. Печи различных фирм обычно отличаются типами датчиков, используемых для индикации готовности пищи. В качестве таких датчиков чаще всего используются газовые SnO_2 -датчики, инфракрасные датчики пироэлектрического типа, керамические датчики влажности и др. Кроме того, датчики одного вида могут иметь еще и свои особенности каждый.

На рис. 43 показана конструкция одного из газовых датчиков, выполненного на основе SnO_2 и нашедшего применение в СВЧ-печах. На рис. 44 представлены образцы откликов датчиков в условиях приготовления в электронной печи различных блюд. Здесь показан характер изменения сопротивления датчика в процессе приготовления пищи относительно сопротивления перед приготовлением ($R=1$). В ходе приготовления пищи изменяются концентрация различных газов внутри печи, температура, влажность, запахи, задымленность и другие параметры среды. Общая картина откликов всех датчиков зависит от приготавливаемого блюда. Кроме того, исходные уровни сопротивлений датчиков, также влияющие на характер этой комплексной картины, зависят от колебаний влажности и температуры снаружи печи и особенностей внутренней атмосферы печи в начальный момент готовки. Сопротивления датчиков, соответствующие окончанию приготовления, можно разделить на несколько характерных групп (рис. 44).

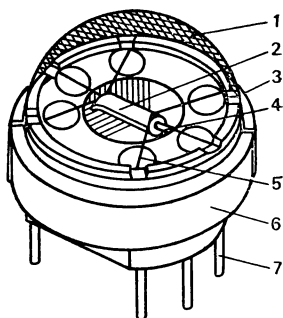


Рис. 43. Газовый датчик на основе SnO_2

1 — двойная сетка из нержавеющей стали (100 меш); 2 — элемент SnO_2 ; 3 — никелированный зажим; 4 — нагреватель; 5 — вывод электрода; 6 — керамический цоколь; 7 — вывод датчика (ковар)

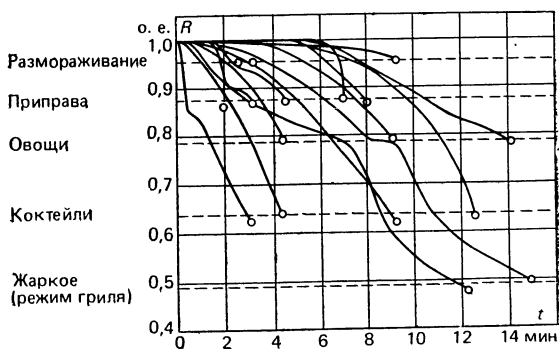


Рис. 44. Отклики датчиков при приготовлении пищи в электронной СВЧ-печи

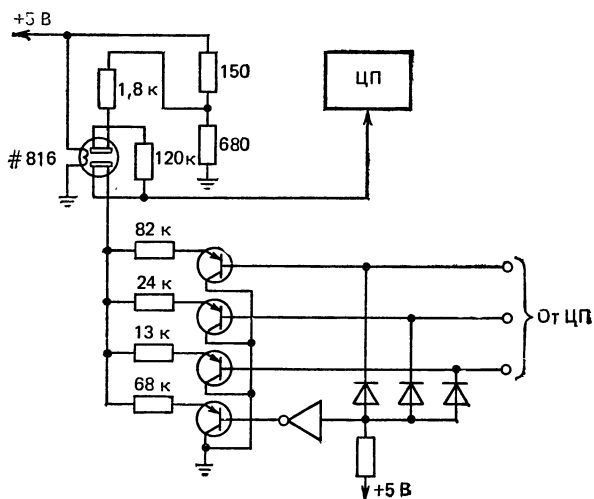


Рис. 45. Схема переключения сопротивлений нагрузки

В соответствии с этим замечанием, если в начальный момент готовки установить определенные значения выходных напряжений датчиков, регулируя сопротивления нагрузочных резисторов, то в конце приготовления эти напряжения становятся почти одинаковыми в пределах своих групп. Необходимая при этом обработка сигналов датчиков и управление нагревательным элементом печи реализуются довольно легко с помощью микро-ЭВМ. На рис. 45 показана схема выбора оптимального сопротивления нагрузки в цепи нагревательного элемента печи. Сопротивление нагрузки переключается в зависимости от сопротивлений датчиков перед приготовлением пищи. Благодаря подобной схеме обеспечивается нужный режим приготовления разнообразных блюд.

На рис. 46 показаны конструкция и диаграмма чувствительности датчика влажности, удобного для применения в электронных печах. Влагочувствительным материалом датчика служит пористая керамика, полученная путем легирования хромата магния $MgCr_2O_4$ оксидом титана TiO_2 . Индикация влажности осуществляется по изменению электрического сопротивления керамики в зависимости от количества впитываемой влаги. Перед началом приготовления пищи производится очистка дат-

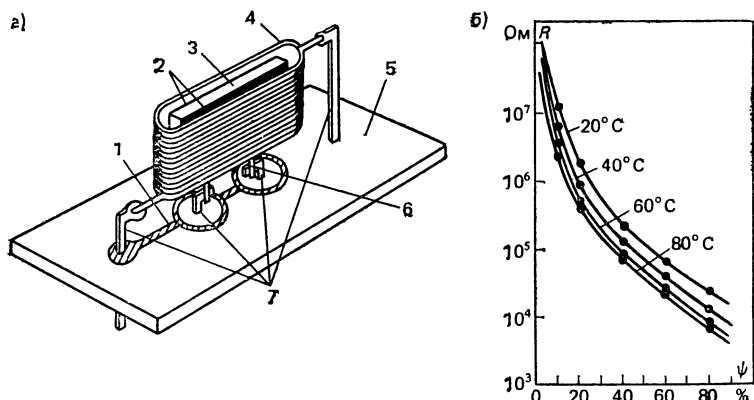


Рис. 46. Конструкция (а) и характеристика (б) влагочувствительности датчика влажности

1 — печатный электрод; 2 — электроды из RuO_2 ; 3 — влагочувствительная керамика; 4 — нагреватель; 5 — основание; 6 — вывод влагочувствительного керамического элемента; 7 — выводы датчика

чика с помощью нагревателя, по которому пропускается на короткое время электрический ток.

Характер изменения выходного сигнала датчика влажности, установленного в выпускном отверстии СВЧ-печи, показан на рис. 47. Как видно из графика, влажность резко повышается с началом кипения влажных компонентов приготовляемой пищи. Период до начала кипения обозначен T_1 . Период от резкого повышения влажности до полной готовности пищи обозначен kT_1 . Длительность T_1 зависит от вида пищи и ее количества. Коэффициент k почти не зависит от количества пищи и определяется в основном лишь ее видом. Следовательно, если на основе практики приготовления различных видов пищи найти значения коэффициентов k , то нетрудно с помощью микро-ЭВМ автоматизировать и процессы приготовления.

Датчики, используемые в СВЧ-печах для слежения за условиями приготовления пищи, должны удовлетворять многим требованиям, основные из которых: 1) устойчи-

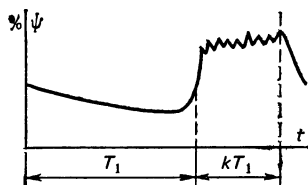


Рис. 47. Изменение выходного сигнала датчика влажности во время приготовления пищи

вость к воздействию высокой температуры, влажности и других неблагоприятных условий среды внутри печи (масла, соусы, приправы, пары спирта); 2) продолжительный срок службы; 3) малая стоимость.

В будущем благодаря разработке датчиков с лучшими характеристиками и соединению их с микро-ЭВМ станут реальностью системы автоматического приготовления пищи, не уступающей по качеству приготовленной человеком. А с реализацией датчиков запаха и вкуса сбудется мечта об автоматическом приготовлении еды в соответствии с желаниями и вкусом каждого из нас.

17. Автомобиль

К современному автомобилю предъявляются одинаково строгие, но несколько противоречивые требования: экономичность и минимальное загрязнение окружающей среды выхлопными газами. Наряду с этим постоянно повышаются и требования к безопасности автомобиля. Для решения всех этих проблем применять прежние механические устройства управления, например распределительный кулачковый вал, уже нерационально. Гораздо большего эффекта при меньших затратах можно добиться с помощью автомобильной электроники, центральную роль в которой играет микро-ЭВМ с датчиками и исполнительными устройствами.

На первых этапах внедрения, которые были связаны главным образом с автоматизацией управления двигателем, широко использовались аналоговые схемы. Однако настройка аналоговых схем требует высокого мастерства квалифицированных специалистов. Кроме того, параметры схемы, полученные в результате настройки, трудно сохранить достаточно продолжительное время из-за жестких условий эксплуатации в автомобиле. В противоположность аналоговым цифровые схемы не требуют скрупулезной и дорогостоящей настройки, с их помощью возможны более сложные регулировки, и они обладают повышенной помехоустойчивостью. Но для первых цифровых схем были характерны свои проблемы: увеличение размеров устройства при создании сложных систем регулирования на базе стандартных ИС и недостаточная гибкость структуры при выполнении этих систем на основе заказных БИС.

В такой ситуации внимание привлекли микро-ЭВМ,

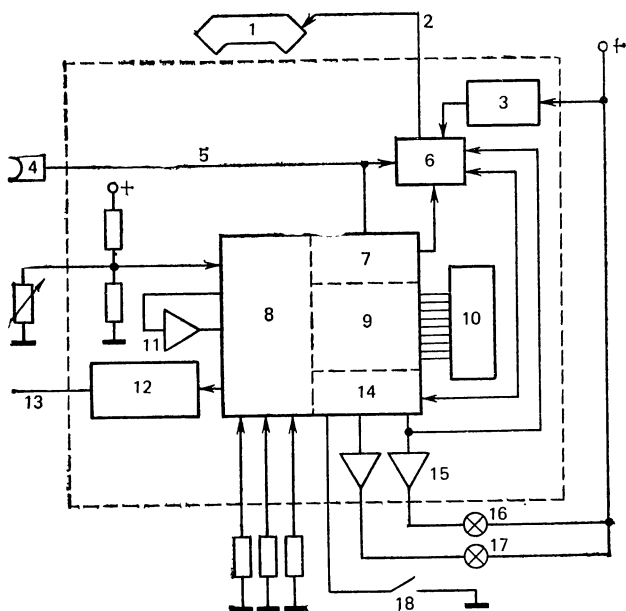


Рис. 48. Структура системы управления двигателем

1 — система зажигания; 2 — сигнал управления зажиганием; 3 — источник питания; 4 — датчик угла поворота коленчатого вала; 5 — сигнал о вращении; 6 — логическая схема; 7 — блок управления зажиганием; 8 — АЦП; 9 — микропроцессор; 10 — ПЗУ; 11 — компаратор; 12 — датчик давления; 13 — температурный датчик; 14 — блок управления вводом-выводом; 15 — усилители-коммутаторы; 16 — лампа контроля температуры; 17 — лампа контроля зажигания; 18 — выключатель для контроля синхронизации

которые рассматривались как элемент схемы, способный придать всей системе функциональную гибкость. Впервые, в 1977 г. начала использовать микро-ЭВМ в автомобилях американская фирма «Дженерал Моторс». Вычислительная машина регулировала момент зажигания в двигателе. Эта система называлась MISAP и была построена на базе 10-разрядного микропроцессора (рис. 48, 49). В системе используются датчики положения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости и отрицательного давления всасывания. Микропроцессор, компаратор и ПЗУ установлены на керамической плате, на которой выполнена разводка схемы и методом толстополеночной технологии сделаны необходимые резисторы.

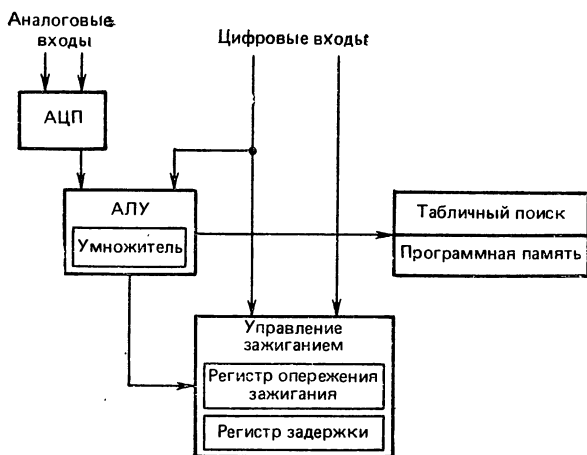
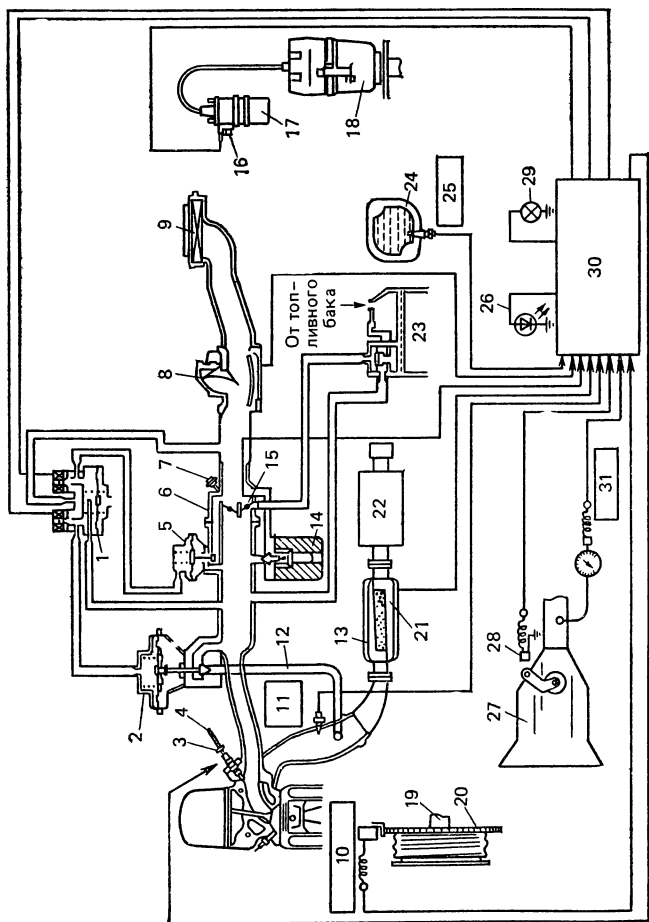


Рис. 49. Схема управления двигателем

На рис. 50 показана структура более сложной системы управления двигателем автомобиля. Эта система была создана японскими фирмами в 1979 г. Она выполняет следующие основные функции: регулировку впрыска топлива (с обратной связью по соотношению воздуха и топлива в смеси) и оптимальной частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода при прогреве двигателя, управление моментом зажигания и рециркуляцией выхлопных газов. Аналого-цифровой преобразователь, а также регистры, обрабатывающие входные импульсные сигналы без вмешательства микропроцессора, выполнены в виде одной БИС ввода-вывода. Прежде для реализации функций ввода-вывода использовалась схема из множества дискретных компонентов. Применение компактной БИС позволило повысить надежность и одновременно снизить стоимость производства подобных схем.

В ближайшее время аналогичные вышеописанным системы управления двигателем найдут весьма широкое применение. Наряду с этим расширится использование микро-ЭВМ для информирования водителя (многофункциональные приборные панели) и обеспечения безопасности автомобиля (автоматические устройства против заносов и др.), так как в последних не обойтись без анализа, самодиагностики и других видов обработки, предоставляемых только микро-ЭВМ.

Рис. 50. Функциональная схема общей регулировки и контроля двигателя



При использовании микро-ЭВМ в автоматических системах контроля и управления повышается значение автомобильных датчиков. Эти датчики в первом приближении можно разделить на три функциональные группы: 1) управления двигателем и контроля; 2) системы безопасности; 3) информирования водителя. Датчики системы управления двигателем играют особо важную роль и во многом определяют качественные показатели этой системы.

К автомобильным датчикам предъявляется немало требований, которые необходимо учитывать при создании датчиков. Большинство этих требований диктуется жесткими условиями эксплуатации датчиков и обеспечивает согласованность со средой эксплуатации: теплостойкость, хладостойкость, вибро- и ударостойкость, помехоустойчивость, влагостойкость, водозащищенность, коррозионная стойкость (особенно к солевым растворам), грязе- и пылестойкость, согласованность электрических параметров датчика и бортовой сети, долговечность, надежность. Другие требования обусловлены соображениями функциональными (точность, быстродействие) и экономическими (стоимость, масса, размеры, технологичность, простота конструкции, удобство эксплуатации и обслуживания). Многие из перечисленных требований противоречивы, поэтому предстоит преодолеть еще много трудностей, чтобы разработать датчик, обладающий всеми необходимыми и совместимыми параметрами.

18. Установка для автоматического определения влажности зерна

Далеко не всем известно, что при поступлении зерна от сельскохозяйственных предприятий производится строгая проверка его влажности, чтобы предохранить от порчи при длительном хранении. В частности, верхняя граница влажности для неочищенного риса равна приблизительно 15 %. Если зерно пересушивается, то ухудшается его качество и блюда, приготовленные из него, теряют вкус. Кроме того, чрезмерная сушка зерна приводит к уменьшению его массы, что отрицательно сказывается на доходах сельскохозяйственных предприятий. Следовательно, в процессе сушки необходимы тщательный контроль влажности и точная оценка момента

окончания сушки. Прежде подобный анализ доверялся человеческой руке, но правильная оценка влажности этим методом требовала больших хлопот и затрат нервной энергии. Однако если в этом деле искусно применить датчики и микро-ЭВМ, то можно автоматически отключать сушильные аппараты при достижении влажностью зерна определенного, заранее выставленного уровня.

Существует несколько способов, позволяющих определить содержание влаги в зерне:

1. Измерение сопротивления по постоянному току: чем меньше сопротивление, тем больше влажность.

2. Измерения емкости на высокой частоте: чем больше коэффициент диэлектрической проницаемости, тем больше влажность.

3. Измерения сопротивления на высокой частоте: чем меньше сопротивление, тем больше влажность.

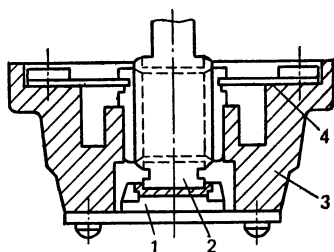


Рис. 51. Конструкция датчика содержания влаги

1 — нижний электрод; 2 — верхний электрод; 3 — корпус; 4 — пластинчатая пружина

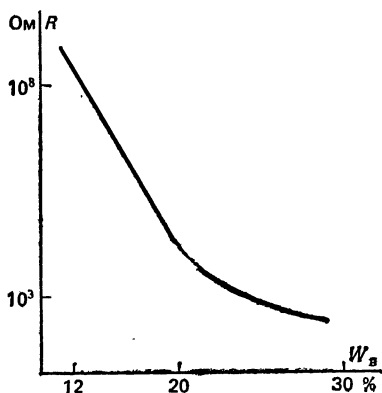


Рис. 52. Зависимость электрического сопротивления зерна от содержания влаги в нем

4. Микроволновые измерения: чем больше коэффициент поглощения, тем больше влажность.

Здесь в качестве примера выбран метод, основанный на измерениях сопротивления по постоянному току. Одно из преимуществ этого метода — малая подверженность влиянию других свойств зерна. Конструкция датчика, используемого при этом методе, сравнительно проста: верхний и нижний электроды в прессе с регулируемым

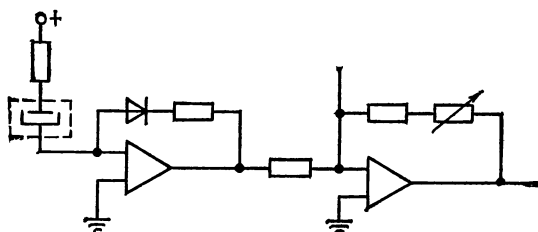


Рис. 53. Схема линейризации выходного сигнала датчика

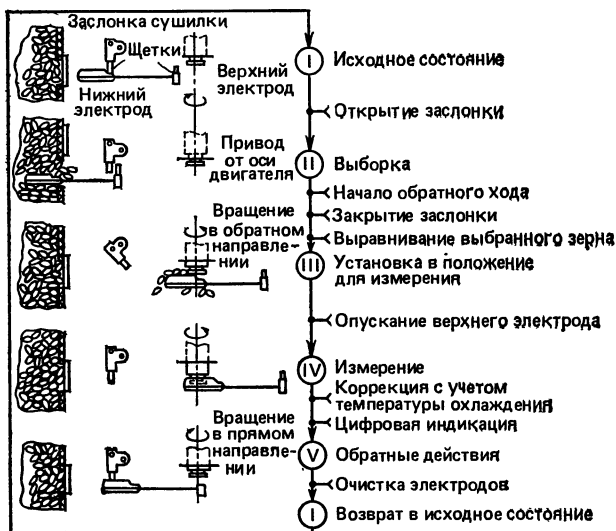


Рис. 54. Процесс измерения влажности зерна

давлением (рис. 51). Путем вращения, подъема и опускания электродов испытываемое зерно сдавливается, через него пропускается ток и измеряется сопротивление. Как видно из рис. 52, в области небольшой влажности зависимость сопротивления от содержания влаги в зерне носит логарифмический характер. Поэтому выходной сигнал датчика подвергается предварительной обработке, в данном случае линейризации (рис. 53).

Количество зерна, отбираемого для измерений в описанной установке, чрезвычайно мало по сравнению с общей массой зерна, обрабатываемого в сушильном аппа-

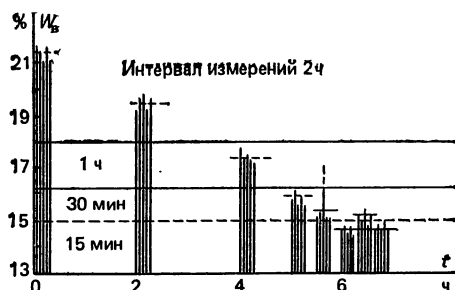


Рис. 55. Типичная процедура измерений содержания влаги в зерне
Допустимое содержание влаги 15 %

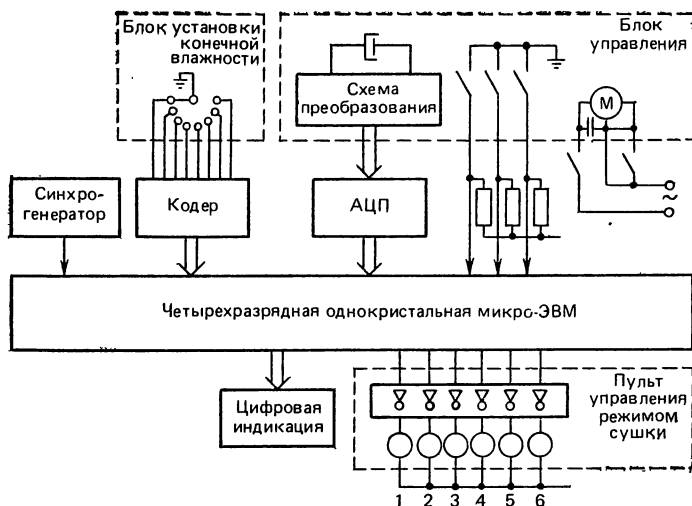


Рис. 56. Схема автоматической установки для определения содержания влаги в зерне

рате. Чтобы избежать погрешностей измерений, обусловленных неравномерным содержанием влаги в общем объеме зерна, предпринимаются следующие меры:

1. Каждая оценка влажности производится путем усреднения результатов пяти измерений (рис. 54).

2. Для повышения достоверности среднего значения накладываются оптимальные ограничения на результаты измерений, соответствующие выборкам зерна с экстра-

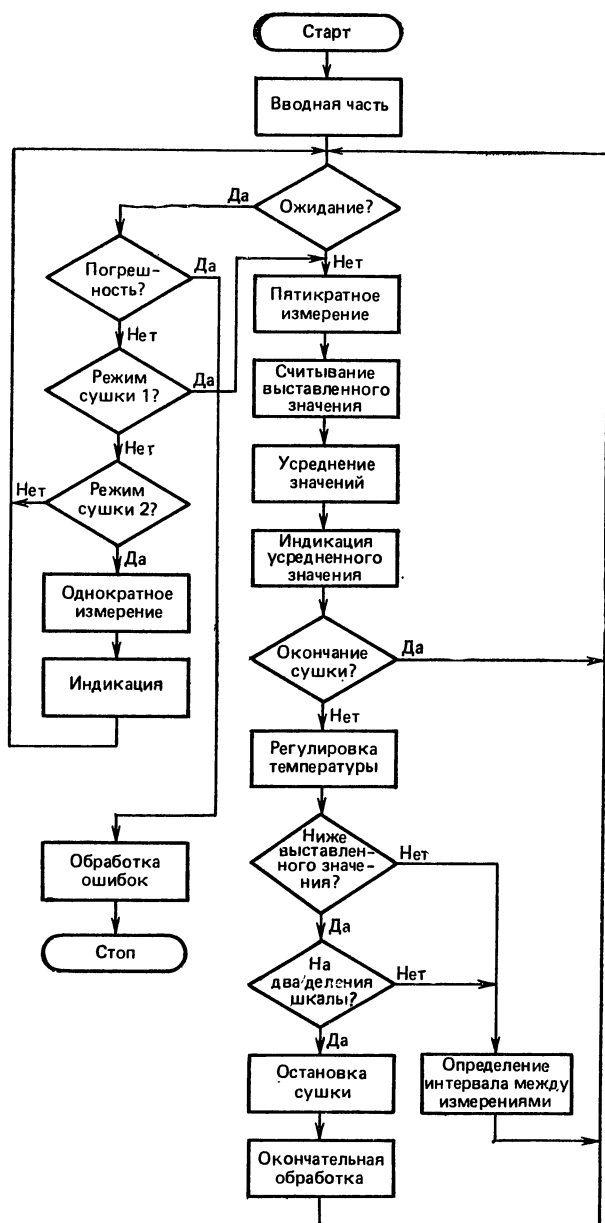


Рис. 57. Алгоритм измерений влажности зерна

ординарным содержанием влаги, как, например, при попадании в выборку незрелого риса.

3. Интервал между соседними группами измерений регулируется автоматически, причем период выборки зерна изменяется в зависимости от разницы между заданным значением влажности и его текущим измеренным значением (рис. 55). Таким образом избавляются от ненужных промежуточных измерений.

Схема измерительной установки и алгоритм измерений представлены на рис. 56, 57.

Из приведенного примера следует, что совместное использование датчиков и микро-ЭВМ в этой несколько неожиданной области вносит существенный вклад в дело экономии энергетических ресурсов и автоматизации труда.

19. Применение датчиков на основе оптического волокна

Оптические волокна внедряются очень быстрыми темпами в системах связи, управления банковскими делами, в энергетике, транспорте, черной металлургии и других областях. У оптических волокон имеется целый ряд непревзойденных достоинств, стимулирующих их широкое внедрение.

1. Благодаря малым потерям и широкополосности обеспечивают возможность широкополосной передачи на большие расстояния.

2. Обладают превосходной стойкостью к воздействию окружающей среды (огонь, влага, реактивные химические среды и др.).

3. Не проводят ток и не обладают свойством индукции, поэтому не подвержены воздействию электромагнитных помех.



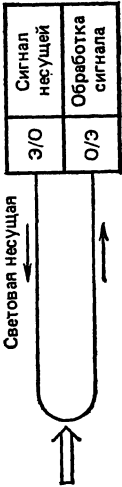
4. Благодаря высоким изоляционным свойствам не подвержены влиянию разности потенциалов. По этой же причине взрывобезопасны.

5. Очень тонки, легки и гибки.

6. Нет никаких опасений относительно нехватки природных ресурсов, необходимых для производства.

В настоящее время проводятся интенсивные исследования с целью создания и усовершенствования волоконно-оптических датчиков. В табл. 10 приведены типовые конструкции. По способу обнаружения и измерения кон-

Таблица 10. Датчики на основе оптических волокон

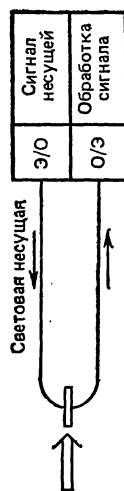
Классификация по принципу действия	Конструкция	Примеры
А. С приемом излученного света		Датчик изображения, инфракрасный измеритель температуры (пассивный тип), измеритель радиации
В. С оптическим возбуждением		Люминесцентные датчики температуры и состава вещества
С. С модуляцией световой несущей С-1. С преобразованием в самом волокне		Датчик шумов

С-11. С промежуточным преобразованием

а. Прямое типа

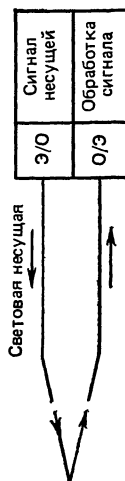
а-1. Прозрачный

Датчик температуры с биметаллическим элементом и с двойным преломлением



а-2. Отражательный

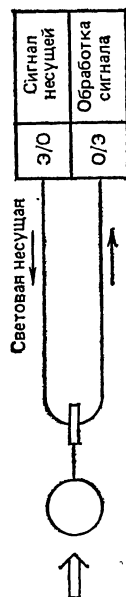
Датчик температуры на паре оптических волокон, датчик положения



б. Косвенного типа

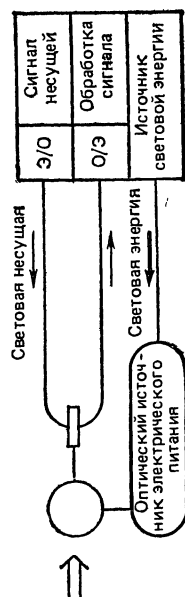
б-1. Оптический

Датчик вихревых токов



б-2. Электрооптический: смешанного типа (гибрид 1)

Датчик с оптико-электрическим источником питания



Классификация по принципу действия	Конструкция	Примеры
<p>смешанного типа (гибрид I)</p>		<p>Датчик с оптико-электрическим источником питания</p>
<p>с кольцом из оптического волокна (гибрид II)</p>		<p>Цифровой датчик</p>

Примечание: Э — электрическая, О — оптическая система.

тролируемых явлений и параметров подобные датчики можно укрупненно разделить на следующие типы: 1) с непосредственным приемом изображения и передачей его по оптическому волокну; 2) с детектированием на основе свойств самого оптического волокна; 3) с детектированием на основе оптических свойств других материалов (неволоконных); 4) с использованием классических оптических приборов и механических или электро-механических устройств.

Пока еще немного волоконно-оптических датчиков, годных по своим технико-экономическим показателям для практического применения, т. е. эти датчики находятся еще в основном на стадии исследований и разработок. Кроме того, имеются некоторые проблемы на пути внедрения этих датчиков в реальные системы, например передача энергии для обеспечения работы детекторного элемента и достижение механической точности детекторного элемента, соизмеримой с длиной световой волны.

В Японии с 1979 г. началось осуществление большой программы министерства торговли и промышленности под названием «Исследование и разработка систем измерения, контроля и управления на основе прикладной оптики». Программа рассчитана на восьмилетний срок. В соответствии с ней предполагается также достигнуть значительных результатов в области исследований и разработок оптических датчиков, техникой которых стали серьезно заниматься лишь с 1981 г.

На рис. 58 приведен типичный пример системы, в которой нашли применение замечательные особенности оптических волокон. Это система безлюдного контроля за характером всплесков электрического тока от ударов молнии в металлические мачты линии электропередачи. Во время грозových разрядов напряжение на металлической мачте может повыситься на киловольты. Прежняя техника контроля не позволяла производить достоверные наблюдения характера этих всплесков, которые, кстати, часто выводили аппаратуру контроля из строя. В описываемой системе к мачте крепится трансформатор тока, который воспринимает всплески электрического тока во время грозы. С помощью светодиодов выбросы тока преобразуются в световые сигналы, передаваемые по оптическому волокну на расстояние приблизительно 1 км. На приемной стороне эти сигналы преобразуются

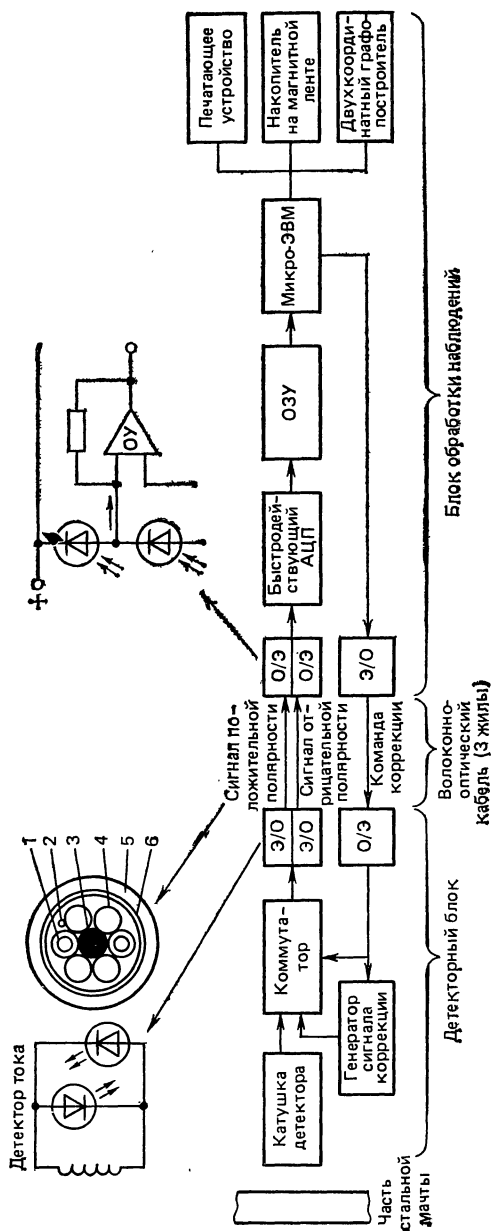


Рис. 58. Система наблюдения формы всплеска тока при грозовом разряде

фотодиодом в электрические, усиливаются и подвергаются высокоскоростному аналого-цифровому преобразованию с интервалом выборки 0,1 мкс. Полученные цифровые коды записываются в полупроводниковой памяти. Примерно через 1 с после удара молнии от микро-ЭВМ посылается команда коррекции по оптическому волокну в сторону датчика. По этой команде специальная схема на стороне датчика посылает в сторону микро-ЭВМ оптический сигнал коррекции, сравнение с которым позволяет вычислить истинное значение запомненного сигнала от грозового выброса тока. Подобный метод коррекции полностью компенсирует погрешность от потерь в волоконно-оптической линии связи, которых, естественно, невозможно избежать.

Такая система контроля представляет собой удачный пример сочетания особенностей оптических волокон и микро-ЭВМ.

20. Системы домашней автоматизации

Как будут выглядеть дома будущего? Вероятно, типичная модель дома будет подобна той, которая изображена на рис. 59. Здесь главный управляющий не человек, а микро-ЭВМ. Контроль за условиями обитания в доме осуществляется вычислительной машиной с помощью разнообразных датчиков. На основе информации от датчиков ЭВМ управляет соответствующими исполнительными устройствами. По функциональному признаку можно выделить несколько систем, обслуживаемых домашней ЭВМ.

Система безопасности. В этой системе важную роль играют датчики, обнаруживающие пожар (температуру, дым), газы (утечку, затухание огня), утечку электрического тока или короткое замыкание, вторжение посторонних, землетрясение, протечку воды и другие виды или признаки опасности.

Если происходит что-либо экстраординарное, датчики вырабатывают соответствующие предупредительные сигналы, синтезаторы звука дают словесные сигналы-предупреждения для привлечения внимания хозяев дома и приводятся в действие необходимые исполнительные устройства, например противопожарные. В случае вторжения в помещение вора или грабителя подается громкий сигнал тревоги, который могут услышать ближайшие

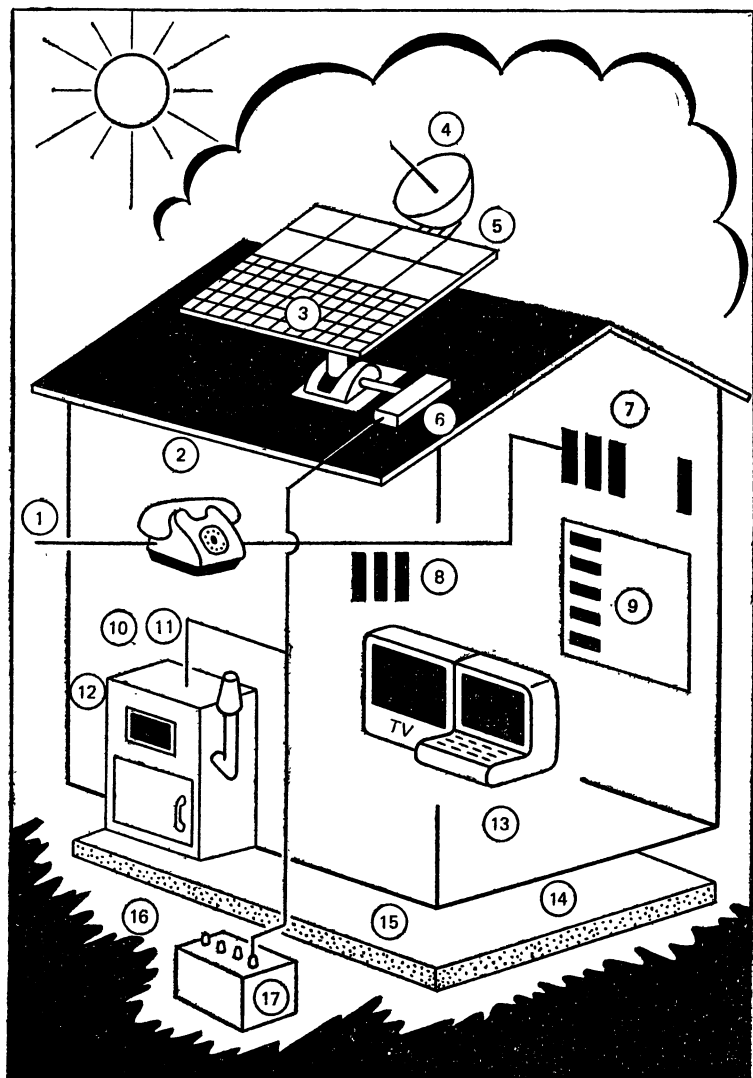


Рис. 59. Система домашней автоматизации

1 — сторожевой сигнал; 2 — солнечный коллектор; 3 — солнечная батарея; 4 — антенна; 5 — датчик слежения за солнцем; 6 — температурный датчик; 7 — датчики безопасности (пожара, газовый, вторжения в широкой зоне, вторжения через окно); 8 — датчики комфорта (температуры, влажности, проветривания); 9 — датчики состояния здоровья (давления крови, частоты пульса, роста, веса, утомляемости и т. д.); 10 — температурный датчик; 11 — датчик уровня воды; 12 — котел; 13 — система приборов внутреннего информирования; 14 — температурный датчик; 15 — накопитель тепла; 16 — аккумуляторная батарея; 17 — датчик степени заряда батареи

соседи. Кроме того, информация от сторожевых датчиков передается в виде определенного сигнала вызова по телефонной линии. Если во время сна или при выходе из дома оставлены открытыми окна, ставни, произошла утечка газа, воды, возникло короткое замыкание, то микро-ЭВМ оповещает об этом владельца синтезированным голосом.

Система управления микроклиматом, освещенностью и расходом энергии. В этой системе оптимальная регулировка условий обитания осуществляется микро-ЭВМ путем опроса состояния датчиков, регистрирующих следующие параметры: температуру отопительного котла, в различных частях помещения, снаружи, влажность, загрязненность воздуха (состояние вентиляции), давление воздуха, силу ветра, освещенность внутри и снаружи, степень заряда аккумулятора, тепловую емкость накопителя тепла, уровень воды в паровом котле, положение солнца, расход электроэнергии, воды, газа.

Ежемесячно микро-ЭВМ подсчитывает расход электроэнергии по каждому виду ее, а результаты вычислений выводятся на печать. Благодаря слежению за положением солнца повышается эффективность солнечных электробатарей и коллектора тепла, установленных на крыше дома.

Система управления домашним хозяйством. Эта система помогает автоматизировать в основном труд хозяйки дома: стирку белья, уборку помещения, приготовление пищи, учет расходов и др. Естественно, оставшееся благодаря автоматизации домашнего хозяйства свободное время можно использовать для повышения уровня образования и культуры, для отдыха и развлечений.

Система контроля за состоянием здоровья. В этой системе микро-ЭВМ обрабатывает данные, которые формируют следующие датчики: измерители давления крови (сфигмоманометр), частоты пульса, роста, массы (весы), частоты дыхания, объема легких (спирометр), потливости, остроты зрения, регистратор утомляемости и др. Результаты измерений сохраняются в памяти ЭВМ, сравниваются с прежними, усредненными. В случае большой разницы между текущими и прежними данными обладатель их немедленно извещается об этом. Кроме того, накопленные данные помогают врачу установить точный диагноз.

Другие услуги. Кроме упомянутых выше систем с по-

мощью микро-ЭВМ при введении в нее соответствующих программ можно реализовать процессы обучения, развлечения и игры. Далее в память ЭВМ можно занести списки адресов, телефонов, каталоги услуг, различные расписания, а при необходимости ими всегда можно легко и удобно воспользоваться.

21. Интеллектуальные роботы

Характерной чертой нашего времени является быстрое распространение роботов. Япония в этом отношении занимает ведущее место, так как ее роботы составляют не менее 80 % общего числа роботов в мире. Роботам особенно удобно поручать работу, которая очень утомительна для людей, или работу в опасных и вредных условиях. Например, при монтаже и техническом обслуживании ядерного реактора, где обстановка взрывоопасная и к тому же большая вероятность радиоактивного облучения, или при проходах в рудниках и угольных шахтах, где тоже весьма возможна взрывоопасная ситуация. В больницах или реабилитационных центрах много тяжелой работы по уходу за больными. Медсестрам часто приходится передвигать больных и инвалидов, поддерживая их руками. В результате у медсестер возникают профессиональные заболевания, например радикулит, остеохондроз и др. Применение роботов устраняет причину этих профессиональных недугов. На рис. 60 показан общий вид робота «Мелконг» для медицинских учреждений. Робот разработан лабораторией технических исследований механизмов в г. Цукубе.

С помощью роботов можно легко реализовать безлюдную технологию и заводы с продолжительностью рабочего дня 24 часа. Большинство существующих роботов представляют собой автоматы по обработке, сборке и контролю. Они повторяют определенные действия в некотором ограниченном пространстве. Разумеется, вид и последовательность повторяемых операций можно изменить путем перепрограммирования робота. Такие роботы, естественно, оснащены микро-ЭВМ, но из датчиков в них обычно имеются только те, которые регистрируют линейное положение и угол поворота механической руки.

В противоположность простым разрабатываются так называемые интеллектуальные роботы (рис. 61). В двух словах разница между простым и интеллектуальным роботом заключается в том, что последний наделен «рас-

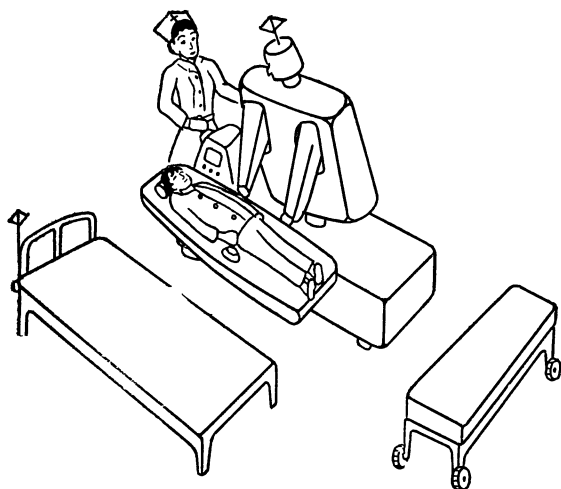


Рис. 60. Робот «Мелконг», помогающий транспортировать и поддерживать больных

судком». Благодаря этому интеллектуальный робот на целый шаг ближе к человеку.

Сопоставление возможностей простого и интеллектуального роботов отражено в табл. 11. Значительную

Таблица 11. Сравнение простых и интеллектуальных роботов

Сравниваемый показатель	Простой робот	Интеллектуальный робот
Датчики	Несколько типов (положения и т. п.)	Множество типов (зрения, осязания и т. п.)
Микропроцессор	Среднего класса (8—16-разрядные со средним быстродействием)	Высокого класса (16—32-разрядные с высоким быстродействием)
Объем программ	Средний	Большой
Исполнительное устройство	Многоосевая рука	Рука со множеством осей и суставов
Характер работы	Цикличность, повторяемость; самостоятельный анализ почти отсутствует	Содержание работы изменяется в соответствии с рабочей ситуацией и условиями среды; обладает способностью самостоятельно анализировать обстановку

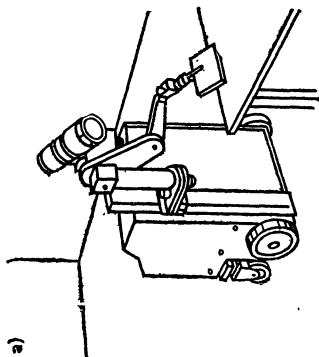
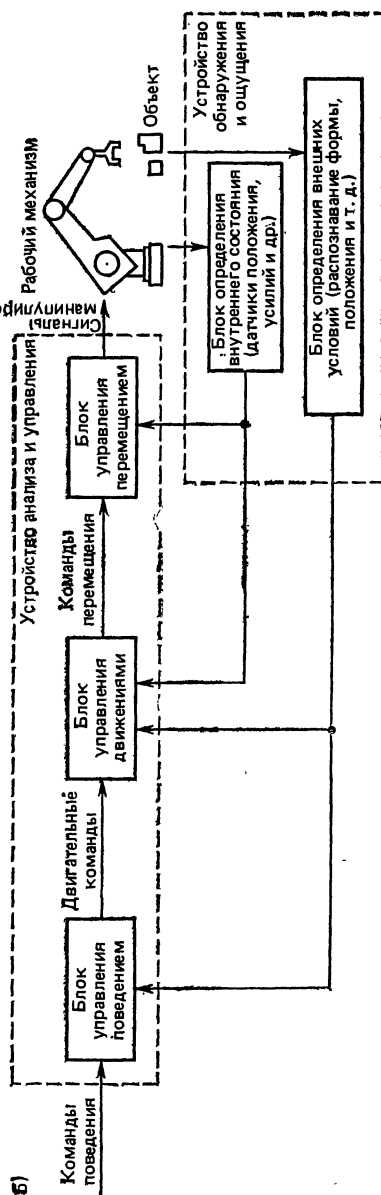


Рис. 61. Модель (а) и структура (б) интеллектуального робота



роль в их различии играют датчики. Интеллектуальный робот помимо прочих имеет датчики технического зрения и осязания (давления, скольжения и т. д.). Важность зрительных датчиков легко понять, если представить, как ходил бы человек, имея глаза и без них. В процессе перемещения робота начало каждого движения определяется в результате обнаружения и распознавания окружающих предметов с помощью зрения. Типичными датчиками зрения являются передающая телевизионная трубка и твердотельный видеосенсор на основе приборов с зарядовой связью (ПЗС). Другой, чрезвычайно важный для интеллектуальных роботов тип датчиков — это датчики осязания. С их помощью регулируется усилие руки, захватывающей предметы, — так, чтобы захват был достаточно сильным для удержания предмета и в то же время не причинял этому предмету никакого вреда. В качестве исполнительного устройства обычно используется многосуставная рука или многосуставной манипулятор, которые способны производить тонкие и нежные движения.

Степень «разумности» интеллектуального робота определяется главным образом возможностями используемой в нем микро-ЭВМ, которые, в свою очередь, зависят от программного обеспечения (рис. 62).

Интеллектуальные роботы по выполняемым ими функциям можно разделить на следующие пять классов:

1. Роботы для проблемного анализа. Самостоятельно разрабатывают проект решения задачи, поставленной человеком.

2. Роботы для анализа окружающей среды. Исследуют окружающие условия на основе информации, посту-

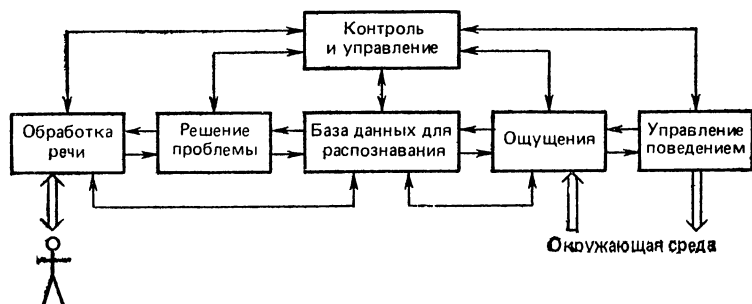


Рис. 62. Структура программных средств интеллектуального робота

пающей от «глаз», «ушей», «органов осязания» и других, и формируют модель окружающей среды.

3. Роботы с накоплением и практическим применением опыта. Изучают условия и закономерности рабочей обстановки, сопоставляют их с уже накопленным предыдущим опытом, делают и запоминают необходимые выводы и таким образом приобретают свободу действий.

4. Роботы для анализа естественной речи. Анализируют смысл выражений на естественном языке (английском, японском и др.) и преобразуют его в информацию, удобную для человека.

5. Шагающие роботы. Выполняют работу, передвигаются с помощью органов перемещения (наподобие ног и рук), которые являются также исполнительными устройствами.

Конечно, широкое практическое использование интеллектуальных роботов — дело несколько отдаленного будущего. Когда же применение этих роботов станет весьма распространенным явлением, с их помощью будут выполняться не только специальные роботы, но и обычные дела — в промышленности, управлении, в быту. Многие человеческие заботы исчезнут. Это приведет к глубоким социальным последствиям и возникновению новых проблем, последнее слово в решении которых должно остаться за человеком.

22. Медицинская диагностика

В послевоенный период по мере развития электронной техники системы электроники стали внедряться почти во всех областях человеческой деятельности. Весьма наглядным примером этого является медицина. На стыке медицины и электроники появилась новая техническая наука — медицинская электроника. Перечислим лишь некоторые приборы: электронный измеритель давления крови, электрокардиограф, измеритель биотоков мозга, измеритель биотоков мышц, анализатор состава крови, медицинский термограф, ультразвуковая диагностическая установка, рентгеновский компьютерный томограф, искусственные внутренние органы (почка и др.), протезы конечностей и др. В большинстве упомянутых медицинских устройств и установок датчики играют очень важную роль (табл. 12).

До недавнего времени диагноз ставился, как и в

Таблица 12. Применение медицинских датчиков

Измеряемая физическая величина	Объект измерения	Датчик
Температура	Поверхность тела, полости органов пищеварения	Терморезистор, полупроводниковый инфракрасный детектор
Давление	Венозная кровь, артериальная кровь, полости грудной клетки, мочевого пузыря, матки во время родов	Проволочный тензодатчик, дифференциальный трансформатор, полупроводниковый тензодатчик, волоконно-оптический датчик
Скорость, расход	Потоки крови в венах, артериях, сердце, пуповине; потоки жидкостей внутри различных органов тела; воздушные потоки в дыхательной системе	Электромагнитный зонд-расходомер, ультразвуковой пробник, терморезистор, проводящие электроды-выводы, измеритель скорости воздуха на основе регистрации перепада давлений, тепловой измеритель воздушного потока, ультразвуковой измеритель воздушного потока
Параметры механических колебаний	Сердце (пульс, сердечные пики, характер биений, шумы); эмбрион (сердечные шумы)	Полупроводниковый тензодатчик, пьезоэлектрический датчик, оптический датчик
Разность электрических потенциалов	Сердце (электрокардиограмма); мышцы и мозг (биотоки)	Серебряные электроды с покрытием из хлорида серебра
Параметры магнитного поля	Полости сердца	Проволочные катушки, элемент Джозефсона

древности, на основе только опыта и интуиции врача. Благодаря медицинской электронике диагностика производится точно и быстро. Например, с помощью современного анализатора крови можно определить множест-

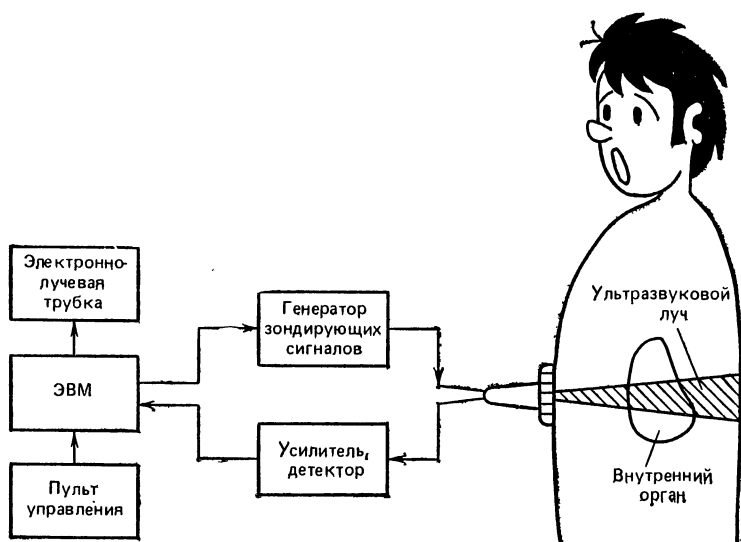


Рис. 63. Ультразвуковая диагностическая установка

во ее параметров, беря для исследования мизерные дозы. По количеству белых и красных кровяных телец, холестерина можно установить, насколько эффективно работают почки или печень. Если для подобных анализов использовать датчики и ЭВМ, то можно за весьма короткий промежуток времени произвести выборку большого числа доз, каждую из них подвергнуть соответствующей аналитической обработке, а результаты анализа напечатать на бумаге.

Рассмотрим одну из типичных для медицины систему — ультразвуковую диагностическую установку (рис. 63). Пьезоэлектрический вибратор плотно прижимается к телу пациента. Во внутреннюю область тела направленно излучаются ультразвуковые волны на частоте несколько мегагерц. Эти волны наталкиваются на различные органы, и часть энергии отражается. Излучение и прием ультразвуковых волн осуществляются одним и тем же вибратором. Вычислительная машина производит обработку отраженных ультразвуковых сигналов с учетом их времени задержки и интенсивности. Результаты обработки индицируются на экране электронно-лучевой трубки.

Основные преимущества ультразвуковой системы диагностики заключаются в следующем:

1. Сравнительно легко различаются органы тела, состоящие из мягких тканей.

2. Поскольку в процессе исследования нет необходимости вводить что-либо внутрь, заставляя глотать специальные контрастно окрашивающие вещества, диагностика не вызывает у пациента отрицательных эмоций.

3. Отсутствуют побочные вредные действия.

Ультразвуковая диагностика применяется при клинических исследованиях болезней головного мозга, желудочно-кишечного тракта, молочных желез, органов кровообращения, в гинекологии и акушерстве.

23. Дистанционное зондирование

Дистанционное зондирование (remote sensig) — это получение данных об объекте в результате обработки на ЭВМ информации, принятой в виде отраженных или излученных электромагнитных волн в процессе обзора большой зоны с самолета, искусственного спутника Земли или корабля. Дистанционное зондирование несколько напоминает ультразвуковую компьютерную томографию, но в других масштабах.

В качестве датчиков дистанционного зондирования на самолетах и искусственных спутниках Земли обычно используются приборы, чувствительные к ближней ультрафиолетовой, видимой, дальней инфракрасной области спектра, к электромагнитным излучениям микроволнового диапазона и т. п. Для подводного обзора с корабля часто используются ультразвуковые датчики.

При поисках полезных ископаемых удобны инфракрасные датчики, с помощью которых можно установить наличие или отсутствие залежей. Интенсивность инфракрасного излучения земной поверхности, где находятся ископаемые, превосходит интенсивность излучения территории, где этих ископаемых нет. Инфракрасные сигналы, принимаемые датчиком на спутнике, преобразуются в сигналы микроволновой части СВЧ-диапазона и передаются на наземную станцию. Сигналы, принятые наземной станцией, обрабатываются ЭВМ, результаты обработки индицируются на экране электронно-лучевой трубки и выводятся на печать. По этим результатам можно определять районы залежей полезных ископаемых.

В процессе дистанционного зондирования ЭВМ должна обрабатывать постоянно разбухающий поток данных, причем с высокой скоростью. Использование микро-ЭВМ для выполнения этой сложной функции пока нерационально, и обработка сигналов на заключительном этапе дистанционного зондирования обычно производится на больших универсальных ЭВМ. Однако появление 16- и

Таблица 13. Применение дистанционного зондирования

Область	Цель
Земледелие и лесоводство	Исследование посевных площадей, прогнозирование урожая, определение ущерба, причиненного болезнями растений и насекомыми-вредителями
Топография	Создание карт местности
Освоение морских пространств	Исследование воды, течений, побережья, движения косяков рыбы
Охрана водных ресурсов	Определение запасов воды, убытков от наводнений, исследование снежных и ледяных покровов
Охрана окружающей среды	Исследование загрязнения атмосферы, водоемов, наблюдение за зелеными массивами
Геология	Обнаружение смещений, сбросов земной коры, прогноз землетрясений, создание геологических карт, регистрация временных изменений береговой линии, в движении ледников, в деятельности вулканов, поиск залежей каменного угля, месторождений нефти, природного газа
Метеорология	Исследование облачности, тайфунов, прогноз погоды
Военное дело	Разведка дислокации войск, военных объектов

32-разрядных микро-ЭВМ с высоким быстродействием позволяет надеяться, что вскоре большие ЭВМ уступят место микро-ЭВМ при дистанционном зондировании.

Основные области и цели применения дистанционного зондирования перечислены в табл. 13.

24. Обработка цифровых сигналов

Исходя из рассмотренных выше примеров совместного применения датчиков и микро-ЭВМ, описанные системы можно грубо разделить на два класса. В первом сигналы от выбранного датчика обычно подвергаются аналого-цифровому преобразованию, причем полученное цифровое значение каждого сигнала содержит полную информацию о физической величине «привязанной» к определенным временным и пространственным координатам. Затем в соответствии с полученными сигналами микро-ЭВМ вырабатывает различные команды управления. К подобным системам можно отнести воздушный кондиционер, электронную печь, автомобиль со встроенными микро-ЭВМ, системы домашней автоматизации. В настоящее время большая часть устройств и систем, в которых используются датчики и микро-ЭВМ, имеют именно такую структуру управления.

В системах другого класса одиночные сигналы, поступившие от датчика, не играют сколько-нибудь существенной роли, а собранные (например, путем временного или пространственного сканирования) данные приобретают смысл только после их совместной обработки. К подобным системам относятся интеллектуальные роботы, компьютерная томография, системы дистанционного зондирования и др. Цифровая обработка в этих устройствах и установках нередко производится на прежних больших ЭВМ, отчего повышается стоимость этих систем. К тому же часто в подобных системах для получения необходимых результатов требуется много времени или точность этих результатов оказывается не вполне удовлетворительной. Однако в будущем, по мере прогресса в технике датчиков, с расширением (на основе БИС-технологии) технических возможностей микропроцессоров и запоминающих устройств, а также благодаря постоянному развитию программных средств цифровая обработка сигналов будет использоваться почти повсеместно.

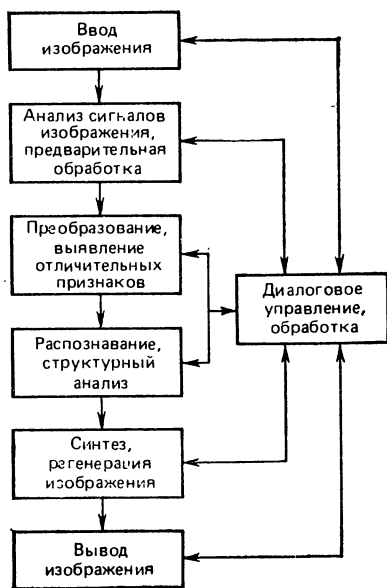


Рис. 64. Схема обработки изображения

Особое место в технике цифровой обработки занимают видеодатчики и процессоры для обработки тоновых изображений. Обработка изображений может понадобиться как при вводе, так и при выводе видеoinформации. Типичная схема процесса представлена на рис. 64, функции программной части каждого этапа — в табл. 14.

Если ввод изображения осуществляется от телевизионной камеры, то разрешающая способность системы обычно составляет примерно 500×500 элементов изображения.

При различении только 16 уровней для каждого видеосигнала, соответствующего одному элементу изображения, т. е. при преобразовании видеосигналов в четырехразрядные коды, информационная емкость одного кадра изображения весьма велика — 10^6 бит. Для обработки такого объема данных требуются сложные алгоритмы, большая емкость памяти, а сами вычисления могут оказаться очень продолжительными. Поэтому при необходимости быстрой обработки, например в реальном масштабе времени, да еще и при ограниченной емкости памяти ЭВМ используются системы предварительной обработки вводимых видеосигналов, производится упрощение и сжатие видеоданных.

В таких случаях функции центрального процессора, выполняемые обычно большой вычислительной машиной, удастся переложить на микро-ЭВМ. Типичные примеры предварительной обработки — бинарное квантование, оптимизация выборки, выявление контуров изображения.

Таблица 14. Функциональные блоки обработки изображений

Наименование функции	Содержание функции
Ввод	Считывание изображения путем управления устройством ввода, рутинная обработка или запись в память в определенном формате
Выходная индикация	Вывод тонового цветного изображения на дисплей, графопостроитель или печатающее устройство. Имеется возможность монтажа изображений, диалогового управления его формированием
Преобразование и предварительная обработка	Первичное преобразование, некоторые оптические преобразования, пространственная фильтрация, гармонический анализ, цифровое кодирование, корреляция, промежуточные вычисления, утонение или утолщение линий
Выделение признаков различия, распознавание	Расчет статистических величин, выделение краевых точек и линий, слежение за контурами и выделение топологических признаков, обнаружение выпуклостей и вогнутостей, выделение текстовых параметров, цветовых признаков, распознавание на основе статистических оценок, синтаксический анализ, классификация
Анализ структуры	Анализ зон, графических линий, разбиение на сегменты
Контроль видеоданных	Указание масштаба изображения, сжатие данных, стандартизация формата данных
Диалоговое управление	Управление цветной индикацией с помощью джойстика, функциональных клавиш, табулятора

Для распознавания введенных изображений в памяти системы обработки записываются образы, модели для сравнения. Обычно для принятия решения производится сравнение только специфических черт, особенностей записанных моделей и вводимых изображений. Часто это бывают краевые точки, особенности формы или контуров изображения. Распознавание введенного изображения осуществляется путем поиска модели, обладающей наи-

большим сходством с этим изображением по выбранным специфическим признакам.

Изображение несет в себе громадное количество разнообразной информации. Поэтому неудивительно, что существует множество проблем относительно и аппаратной, и программной части систем обработки изображений. Тем не менее за прошедшее десятилетие техника обработки изображений достигла такого уровня, что уже в ближайшем будущем можно ожидать появления быстродействующих видеопроцессоров для самых различных, в том числе бытовых, систем и приборов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воробьев Н. В., Вернер В. Д. Микропроцессоры, Элементная база и схемотехника средств сопряжения: Учеб. пособие для втузов / Под ред. Л. Н. Преснухина. — М.: Высшая школа, 1984. — 103 с.
2. Гнатек Ю. Р. Справочник по цифро-аналоговым и аналого-цифровым преобразователям. — М.: Радио и связь, 1982. — 552 с.
3. Грэм Дж., Тоби Дж., Хьюлсман Л. Проектирование и применение операционных усилителей: Пер. с англ. — М.: Мир, 1974. — 510 с.
4. Микропроцессорные комплекты интегральных схем. Состав и структура: Справочник / Под ред. А. А. Васенкова, В. А. Шахнова. — М.: Радио и связь, 1982. — 191 с.
5. Морисуэ М., Есикава Т. Микро-ЭВМ за три дня: Пер. с яп. — М.: Мир, 1981. — 183 с.
6. Никитюк Н. М. Микропроцессоры и микро-ЭВМ. Применение в приборостроении и научных исследованиях. — М.: Энергоиздат, 1981. — 168 с.
7. Соучек Б. Микропроцессоры и микро-ЭВМ. — М.: Советское радио, 1979. — 520 с.
8. Страхов А. Ф. Автоматизированные измерительные комплексы. — М.: Энергоиздат, 1982. — 216 с.
9. Уокерли Дж. Архитектура и программирование микро-ЭВМ. — М.: Мир, 1984. Т. 2 — 359 с.
10. Фролов Г. И., Гембицкий Р. А. Микропроцессоры. Автоматизированные системы контроля объектов: Учеб. пособие для втузов / Под ред. Л. Н. Преснухина. — М.: Высшая школа, 1984. — 87 с.
11. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: Пер. с англ. — М.: Мир, 1983, Т. 1 — 598 с.; 1984, Т. 2 — 590 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие переводчика	10
Предисловие редактора японского издания	11
Глава первая. ТЕХНИКА ДАТЧИКОВ	14
1. Понятие датчика	16
2. Специфика современных требований	17
3. Принцип действия и классификация	21
4. Основные виды	34
5. Перспективы развития	35
Глава вторая. ТЕХНИКА МИКРО-ЭВМ	35
6. История развития	39
7. Аппаратные средства	41
8. Память	44
9. Особенности и классификация микро-ЭВМ	47
10. Программные средства	49
11. Микро-ЭВМ типа Z80	49
Глава третья. ТЕХНИКА ИНТЕРФЕЙСА	57
12. Согласование датчиков и микро-ЭВМ	64
13. Аналого-цифровые преобразователи	74
14. Расширение возможностей датчиков	74
Глава четвертая. СОВМЕСТНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДАТЧИКОВ И МИКРО-ЭВМ	77
15. Воздушный кондиционер	80
16. Электронная печь	84
17. Автомобиль	88
18. Установка для автоматического определения влаж- ности зерна	93
19. Применение датчиков на основе оптического волокна	99
20. Системы домашней автоматизации	102
21. Интеллектуальные роботы	106
22. Медицинская диагностика	109
23. Дистанционное зондирование	111
24. Обработка цифровых сигналов	115
Список литературы	115

Производственное издание

**НОРИТОСИ КАКО
ЯСУКУНИ ЯМАНЭ**

ДАТЧИКИ И МИКРО-ЭВМ

Редактор *С. С. Полиготова*
Художественный редактор *Д. Р. Стеванович*
Технический редактор *Н. А. Минеева*
Корректор *Н. Б. Чухутина*
Обложка художника *Г. В. Смирнова*

ИБ № 1441

Сдано в набор 13.11.85. Подписано в печать 26.08.86. Формат 84×108¹/₃₂.
Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Высокая печать. Усл.
печ. л. 6,3. Усл. кр.-отт. 6,51. Уч.-изд. л. 7,21. Тираж 80 000 экз. Заказ № 412.
Цена 55 к.

Ленинградское отделение Энергоатомиздата. 191065, Ленинград,
Марсово поле, 1.

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном
комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
600000, г. Владимир, Октябрьский пр., д. 7.



ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ

Ленинградский книжный магазин «Энергия» —
опорный пункт Энергоатомиздата.

Это значит, что здесь самый широкий ассортимент научной, учебной, производственной и справочной литературы по всем разделам энергетики:

теплотехнике и теплоэнергетике,
гидротехнике и гидроэнергетике,
электроэнергетике и промышленной энергетике,
электротехнике и промышленной электронике,
автоматике и информационно-измерительной технике,
ядерной энергетике, технологии и физике.

Магазин принимает заказы на книги, намеченные к выпуску и имеющиеся в наличии.

Специалисты энергетического профиля!

Указав адрес организации или свой домашний адрес, вы будете систематически получать все рекламные материалы по интересующей вас тематике и бланки для заказа книг Энергоатомиздата.

Адрес магазина «Энергия»: 196066, Ленинград, Московский пр., 189.

**ПОЛЬЗУЙТЕСЬ УСЛУГАМИ МАГАЗИНА — ОПОРНОГО ПУНКТА
ЭНЕРГОАТОМИЗДАТА!**



В 1987 году выходят следующие книги:

Гутников В. С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., перераб. и доп., 19 л. Ориентировочная цена 1 р. 30 к.

Рассматривается применение серийных аналоговых, цифровых и аналого-цифровых микросхем для построения электронных функциональных устройств. Описываются особенности использования операционных усилителей, компараторов, умножителей и т. д. Приводятся сведения по применению распространенных цифровых ТТЛ и КМОП интегральных схем средней и большой степени интеграции. Рассматриваются примеры функциональных узлов, построенных на современных отечественных микросхемах. Первое издание вышло в 1980 году. Во второе издание введены новые разделы, посвященные применению микропроцессорных схем, АЦП и ЦАП.

Для инженерно-технических работников, занятых разработкой электронной измерительной аппаратуры. Может быть полезна для студентов вузов.

Горшков В. Н. Надежность оперативных запоминающих устройств ЭВМ. 12,5 л. Ориентировочная цена 65 к.

Произведен анализ влияния надежности памяти на работоспособность ЭВМ. Разработаны автоматические модели для оценки надежности оперативных запоминающих устройств, позволяющих учесть различные способы резервирования, основные характеристики устройств, влияние сбоев и отказов микросхем, а также некоторые стратегии восстановления. Предложены способы повышения надежности запоминающих устройств с помощью резервных ассоциативных накопителей, подмены отказавших разрядов ячеек и избыточного кодирования данных. Рассмотрены вопросы диагностирования ЗУ на микросхемах.

Для инженерно-технических и научных работников, занимающихся разработкой и оценкой ЗУ; может быть полезна студентам вузов.

Григорьев В. Л. Программирование однокристальных микропроцессоров. 16 л. Ориентировочная цена 1 р. 10 к.

Рассмотрены программные ресурсы однокристального микропроцессора K1810BM86 с фиксированными длиной слова и системой команд, а также вопросы программирования на языке ассемблера. Приведены многочисленные примеры выполнения команд и программ несложных задач. Имеется необходимая справочная информация по аппаратурным средствам микропроцессора.

Для инженерно-технических работников в области вычислительной техники и автоматики, занятых разработкой и применением микропроцессорных систем. Может служить учебным пособием студентам вузов, специализирующимся по электронной обработке данных.



В 1987 году выходят следующие книги:

Рудаков В. В., Столяров И. М., Дартау В. А. Асинхронные электроприводы с векторным управлением. 12,5 л. Ориентировочная цена 65 к.

Рассматриваются алгоритмы векторного управления, специальные блоки и преобразователи для частотно-регулируемых электроприводов с асинхронными двигателями. Детально рассматривается векторное управление асинхронными двигателями с регулированием по потокоцеплению статора, воздушного зазора или ротора. Освещаются вопросы экспериментального определения параметров асинхронных двигателей в системах векторного управления. Приводятся сравнительные показатели характеристик асинхронных электроприводов с векторным управлением.

Для инженерно-технических работников, занятых исследованием, разработкой и наладкой электроприводов с асинхронными двигателями. Может быть полезна студентам вузов электромеханических специальностей.

Капиев Р. Э. Измерительно-вычислительные комплексы. 10 л. Ориентировочная цена 50 к.

Рассмотрены основные вопросы, связанные с принципами построения, составом и характеристиками вычислительных и измерительных средств, входящих в ИВК, методами их сопряжения, программным обеспечением ИВК, а также вопросы применения ИВК в различных областях. Анализируется перспектива развития.

Для инженерно-технических и научных работников, занимающихся разработкой и использованием ИВК; может быть полезна студентам и преподавателям вузов соответствующих специальностей.

Лебедев А. М., Орлова Р. Т., Пальцев А. В. Следящие электроприводы станков с ЧПУ. 13 л. Ориентировочная цена 65 к.

Изложены требования к следящим электроприводам станков с ЧПУ, проведены обзор и анализ существующих силовых схем и структур преобразователей, а также технические характеристики современных приводов и двигателей постоянного тока. Содержатся методика и примеры расчета следящего привода. Описание принципиальных схем приводов, широко применяемых в станках, дано в сочетании с методами наладки, настройки и способами обнаружения неисправностей.

Для инженерно-технических работников, специализирующихся в области разработки и обслуживания следящих приводов.

