

Е. А. БАШКОВ, Ю. В. ГУБАРЬ

СХЕМОТЕХНИКА

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ
ЭВМ И РАЗРАБОТКА
МИКРОКОМПЬЮТЕРОВ
МЕТОДАМИ
ПРОГРАММНОЙ
ЭМУЛЯЦИИ**

ДОНЕЦК 1981

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

У С С Р

ДОНЕЦКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ

ИНСТИТУТ

Е.А.Башков, Ю.В. Губарь

СХЕМОТЕХНИКА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ЭВМ И РАЗРАБОТКА
МИКРОКОМПЬЮТЕРОВ МЕТОДАМИ ПРОГРАММНОЙ ЭМУЛЯЦИИ

Учебное пособие

Утверждено редакционно-издательским
советом института

Донецк ДПИ 1981

Схемотехника микропроцессорных ЭВМ и разработка микрокомпьютеров методами программной эмуляции: Учебное пособие / Башков Е.А., Губарь Ю.В. - Донецк: ДПИ, 1981. - 112 с.

Рассматриваются основы построения микропроцессорных вычислителей, описывается универсальная микропроцессорная шина, которая позволяет создавать простейшие однопроцессорные и многопроцессорные микровычислительные системы. Приводятся структуры и схемы отдельных модулей микро-ЭВМ. Излагаются правила пользования эмулятором микропроцессора типа 8080 и описывается ряд примеров эмуляции программ. Описываются аппаратная часть и программное обеспечение микропроцессорного вычислителя для управления электродвигателем.

Учебное пособие рассчитано на студентов специальности "Электронные вычислительные машины", а также может использоваться студентами специальностей "Автоматика и телемеханика" и АСУ.

Ил. 51, табл. 9, библи.: 32 назв.

Рецензенты

Л.С. Туяхов

Г.В. Доценко

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
1. В в е д е н и е.....	5
2. Общие вопросы схемотехнической организации микро-ЭВМ...	8
2.1. Иерархия микропроцессорных средств вычислитель- ной техники.....	10
2.2. Микропроцессорные шины.....	20
3. Универсальная микропроцессорная шина.....	27
3.1. Линии и сигналы шины.....	27
3.2. Конструктивное оформление и электрические харак- теристики сигналов шины.....	32
3.3. Передача управления шиной.....	36
3.4. Структура процессорного модуля (вариант 1).....	39
3.5. Структура процессорного модуля (вариант 2).....	41
3.6. Структуры ведомых модулей.....	48
4. Узлы микропроцессорных вычислительных устройств.....	55
4.1. Оперативное ЗУ на базе микросхем К1 55РУ2.....	55
4.2. Построение модулей ОЗУ на микросхемах К565РУ2А..	59
4.3. Использование микросхем К556РТ4 и К556РТ5 для построения модулей ПЗУ.....	61
4.4. Генератор тактовых импульсов для МП 8080.....	64
4.5. Элементы пульта оператора.....	68
5. Разработка программного обеспечения микрокомпьютеров методами программной эмуляции.....	72
5.1. Состав и основные функции программного обеспе- чения микропроцессорных систем.....	72
5.2. Эмулятор микропроцессора 8080.....	76
5.3. Пример эмуляции программы.....	79
6. Микропроцессорный регулятор электропривода постоянного тока.....	86
6.1. Схемное построение регулятора.....	86
6.2. Программа пропорционально-интегрального регули- рования.....	91
Термины и сокращения.....	99
Прикнижный указатель рекомендованной литературы.....	100
Приложение. Инструкция по использованию эмулятора.....	103

В "Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981-1985 годы и на период до 1990 года" перед научно-техническими работниками ставится задача развивать производство и обеспечить широкое применение встроенных систем автоматического управления с использованием микропроцессоров и микро-ЭВМ [1]. Для успешного решения этой задачи необходимо подготовить инженеров различных специальностей, знакомых в том или ином объеме со схемотехникой, системотехникой и программным обеспечением микро-ЭВМ.

Настоящее учебное пособие ориентировано на студентов специальности 0608 "Электронные вычислительные машины" и содержит сведения о разработке схем и программного обеспечения микро-ЭВМ на базе микропроцессора K580IK80 (Intel 8080). Пособие состоит из трех частей. Первая содержит общие вопросы построения микро-ЭВМ, основные типы и структуры, описание организации шины микро-ЭВМ и доступ к шине со стороны модулей машины. Во второй части дается пример построения микро-ЭВМ для управления электроприводом, в третьей излагаются вопросы разработки программного обеспечения микро-ЭВМ на базе эмулирующей программы. Приведены руководство по работе с программой-эмулятором и примеры пропуска программ микропроцессора через эмулятор.

Предлагаемое учебное пособие может использоваться при изучении курсов "Теория и проектирование ЦВМ", "Специализированные ЦВМ", при выполнении учебно-исследовательских работ, в курсовом и дипломном проектировании. Настоящее издание может быть полезно также студентам специальности 0646 "Автоматизированные системы управления" при изучении дисциплины "Цифровые вычислительные машины" и студентам специальности 0606 "Автоматика и телемеханика" в курсе "Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах".

Авторы выражают благодарность старшему инженеру ВЦ ДПИ Рыжинской В.Н. за огромную работу по написанию и отладке программы-эмулятора.

І. В В Е Д Е Н И Е

Появление в начале 70-х годов большой интегральной схемы, получившей название "микропроцессор", привело к широкому внедрению средств вычислительной техники во всех областях жизнедеятельности человека, начиная с управления сложнейшими технологическими процессами и кончая детскими игрушками. Как отмечается в работе [2], направления применения микропроцессоров ограничиваются "...не столько техническими возможностями, сколько воображением разработчиков". Принципиально уже первые универсальные ЭЦВМ были способны выполнять те же функции, что и любой современный микропроцессор. Однако представить себе использование ЭВМ, занимающей площадь 100 м^2 , стоимостью сотни тысяч рублей и требующей круглосуточного обслуживания штатом квалифицированных работников, для управления работой кухонной плиты невозможно. Сейчас же применение для этой цели микропроцессора не только возможно, но и экономически оправдано.

Почему это произошло? Потому что микропроцессор идеально объединил в себе ряд свойств, сделавших его уникальным элементом:

1. Универсальность. Микропроцессор функционирует, подчиняясь двум основным принципам цифровых вычислительных машин, — программного управления и хранимой программы, что придает ему алгоритмическую универсальность.

2. Миниатюрность. Микропроцессор и устройства на его базе имеют незначительные размеры, что позволяет встраивать их в любые изделия.

3. Микромощность. Современные технологии производства больших интегральных схем позволяют получить элементы, содержащие десятки тысяч вентилях, с суммарным потреблением мощности в единицы и даже сотые доли ватта.

4. Дешевизна. Стоимость микропроцессора и других интегральных схем при массовом производстве крайне низкая, что позволяет создавать общедоступные изделия на его базе.

Отмечаются также следующие достоинства микропроцессорной техники [2]:

— снижение затрат и времени на разработку микропроцессорных устройств по сравнению с изделиями на базе схем малой и средней степени интеграции;

- уменьшение количества элементов в системе и, как следствие, увеличение надежности изделия ;

- возможность автоматического контроля и диагностики изделия, что сокращает расходы на обслуживание.

Все эти свойства, воплощенные в одной или нескольких микросхемах, и обеспечивают микропроцессорной технике широкую область применения. Сейчас практически невозможно указать границы применения микропроцессорных средств (см. например [3]). Отметим только следующие основные направления их использования, широко развиваемые в настоящее время:

- построение многомикропроцессорных вычислительных систем высокой производительности ;

- использование микропроцессоров для работы в периферийных устройствах больших вычислительных машин (контроллеры ввода-вывода, предварительная обработка информации, управление терминалами и т.п.) ;

- создание личных электронных вычислительных машин для научно-технических расчетов и домашнего использования ;

- цифровое регулирование и управление технологическими процессами и производственными объектами, управление подвижными объектами ;

- использование в контрольно-измерительной аппаратуре для создания систем автоматизации научного эксперимента, применения в биомедицине ;

- автоматизированный контроль и диагностика изделий, в том числе и собственно средств вычислительной техники ;

- организация сетей связи и доступ к банкам данных (связные процессоры, видеотерминалы) ;

- управление бытовой техникой (аудиовизуальной аппаратурой, кухонными приборами, игрушками и т.п.).

Уникальные возможности микропроцессорных средств вычислительной техники требуют и всесторонней подготовки специалистов-разработчиков этих средств. Можно сказать, что они должны быть истинными системотехниками, так как им необходимо знать:

- схемотехнику микропроцессорных ИС и принципы схемного проектирования устройств ;

- программное обеспечение микропроцессорных систем, принципы разработки системных и прикладных программ ;

- требования и условия применения проектируемого устройства, определяемые областью использования;

- методы и способы отладки как схемной части разрабатываемого изделия, так и программного обеспечения.

Необходимо остановиться также на роли инженера в выборе первоочередных задач внедрения микропроцессоров. Широчайшие возможности современной микропроцессорной техники в сочетании с погоней за прибылью привели к появлению в развитых капиталистических государствах (особенно в США) множества технически сложных, но ненужных вещей (например автоматический партнер по карточной игре). Разработчики такого рода изделий метко названы в работе [4] инженерами-поставщиками "дурмана". В социалистическом обществе внедрение микропроцессорных средств вычислительной техники должно быть тесно увязано с первоочередными задачами экономического и социального развития страны. Инженер, приступающий к проектированию микропроцессорного устройства, должен ясно представлять, какой вклад внесет разрабатываемое изделие в повышение благосостояния всего общества. Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И.Брежнев в Отчетном докладе XXVI съезду КПСС подчеркнул, что революционные возможности открывают создание и внедрение миниатюрных электронных управляющих машин, промышленных роботов, которые должны получить самое широкое применение [1].

В большей части литературы, изданной к настоящему времени, освещаются общие вопросы построения и функционирования различного типа микропроцессоров, описываются системы их команд [5-11]. Только в работе [12] излагаются методы проектирования микропроцессорных устройств. Практически нет литературы, в которой рассматриваются вопросы построения микро-ЭВМ на базе шинной организации, отсутствует описание микропроцессорных шин, нет примеров схем микро-ЭВМ и примеров разработки программного обеспечения. Настоящее учебное пособие является попыткой в какой-то степени заполнить этот пробел.

Все схемы и примеры, приведенные в данном пособии, ориентированы на микропроцессорную серию K580 (Intel 8080). С общим описанием микропроцессора этой серии K580/K80 (Intel 8080) можно ознакомиться по работам [7-11]. Схемотехнические характеристики ряда элементов этой серии (микропроцессор, последовательный интерфейс, параллельный интерфейс, буферный регистр, элементы ЗУ) приведены в [13]. Систему команд микропроцессора можно изучить по работам [8, 10, 14, 15, 16].

2. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ МИКРО-ЭВМ

Подавляющая часть микропроцессорных вычислителей строится по стандартной структуре универсальной ЭВМ. Дж.фон Неймана [17], состоящей из трех основных типов устройств (рис.2.1).

Процессор – устройство, обеспечивающее обработку информации по заданной программе. Процессор обычно содержит: 1) арифметико-логическое устройство (АЛУ), предназначенное собственно для выполнения операций над обрабатываемой информацией, 2) устройство управления (УУ), играющее роль "руководителя" процесса обработки, который указывает, откуда выбрать операнды, какую операцию над ними выполнить, куда направить результат и где взять следующую команду, 3) регистры общего назначения (РОН) для хранения данных, к которым происходит многократное обращение в процессе обработки, 4) устройства обрaмления, реализующие вспомогательные функции (генератор синхросигналов, схемы связи с органами управления и т.п.). В микро-ЭВМ (микровычислителях) основные узлы процессора (АЛУ, УУ, РОН) построены как одна (или несколько) большая интегральная микросхема (БИС). Такая БИС получила название микропроцессор (МП).

Запоминающие устройства – узлы вычислителя, обеспечивающие прием, хранение и выдачу информации. В микропроцессорных вычислителях в качестве запоминающих устройств чаще всего используются: 1) запоминающие устройства с произвольной выборкой (ЗУПВ), построенные на базе полупроводниковых микросхем, запись и чтение информации из которых может производиться в любом порядке, 2) постоянные запоминающие устройства (ПЗУ), выполненные на полупроводниковых БИС, из которых можно только читать информацию и 3) перепрограммируемые постоянные запоминающие устройства (ППЗУ), постоянные ЗУ, запись информации в которые может производиться пользователем специальным образом.

К запоминающим устройствам относятся также внешние ЗУ, предназначенные для хранения больших массивов информации. В микропроцессорных вычислителях широкое применение нашли внешние ЗУ двух типов: на гибких (мягких) магнитных дисках и кассетные ЗУ (на базе стандартных или специальных кассетных магнитофонов).

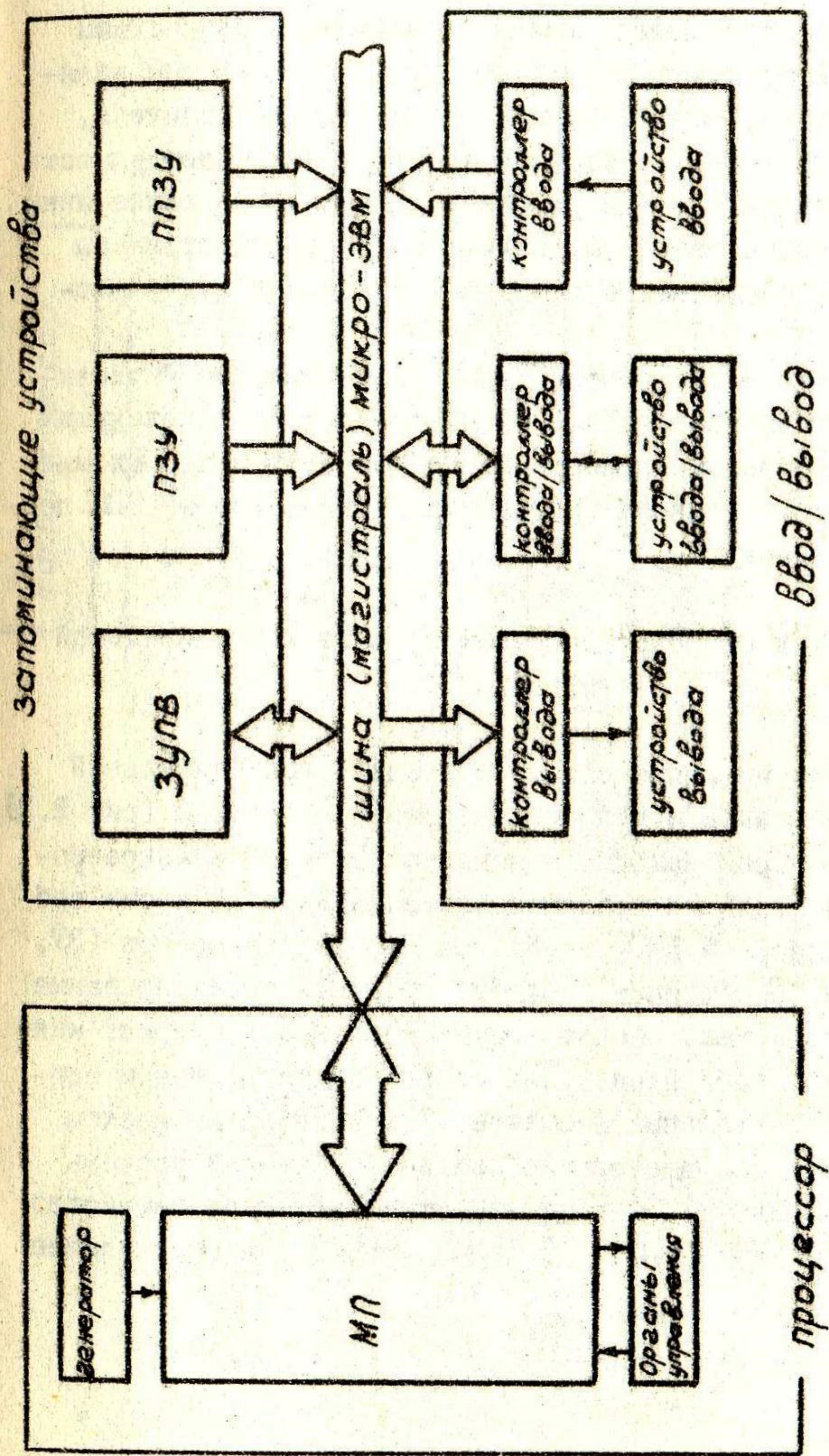


Рис. 2.1. Типичная блок-схема и основные узлы микропроцессорного вычисления

Устройство ввода-вывода – узлы вычислителя, обеспечивающие обмен информацией с внешней средой (человек, объект управления, другой вычислитель и т.п.). Ввод-вывод осуществляется с помощью двух основных узлов – собственно устройства ввода-вывода (например: телетайп, перфоратор, считыватель) и набора схем, связывающих устройство с процессором. Совокупность этих схем обычно называется контроллером ввода-вывода (иногда – интерфейсом ввода-вывода).

Единственным существенным отличием приведенной блок-схемы микро-ЭВМ (рис.2.1) от стандартной неймановской структуры является только одна связь, общая для всех устройств вычислителя, по которой происходит обмен информацией между ними. Совокупность средств, обеспечивающих эту единую связь, получила название шины (магистральной). В микропроцессорных вычислителях распространены различные типы шин, основные характеристики которых будут рассмотрены ниже.

По блок-схеме рис.2.1 строятся самые разнообразные вычислители: от простейших микропроцессорных контроллеров, выполняющих функции управления бытовыми приборами, до достаточно мощных микро-ЭВМ, превосходящих по своим показателям универсальные ЭВМ первого и второго поколения.

2.1. Иерархия микропроцессорных средств вычислительной техники

Всю совокупность микропроцессорных средств вычислительной техники можно представить в виде многоуровневой системы (рис.2.2), на первом уровне которой находится основной элемент – микропроцессор. Однако для создания законченного вычислителя, кроме собственно микропроцессорной БИС, требуется еще ряд элементов (ЗУ, интерфейсные схемы, обрaмление). Чтобы упростить проектирование и изготовление устройства, обычно выпускается набор (серия) микросхем, в состав которого входит как микропроцессор, так и совместимые с ним дополнительные элементы. Такой набор микросхем получил название микропроцессорного семейства (второй уровень микропроцессорных средств). Широко известным является семейство MCS-80 (Micro Computer System) фирмы Intel, насчитывающее

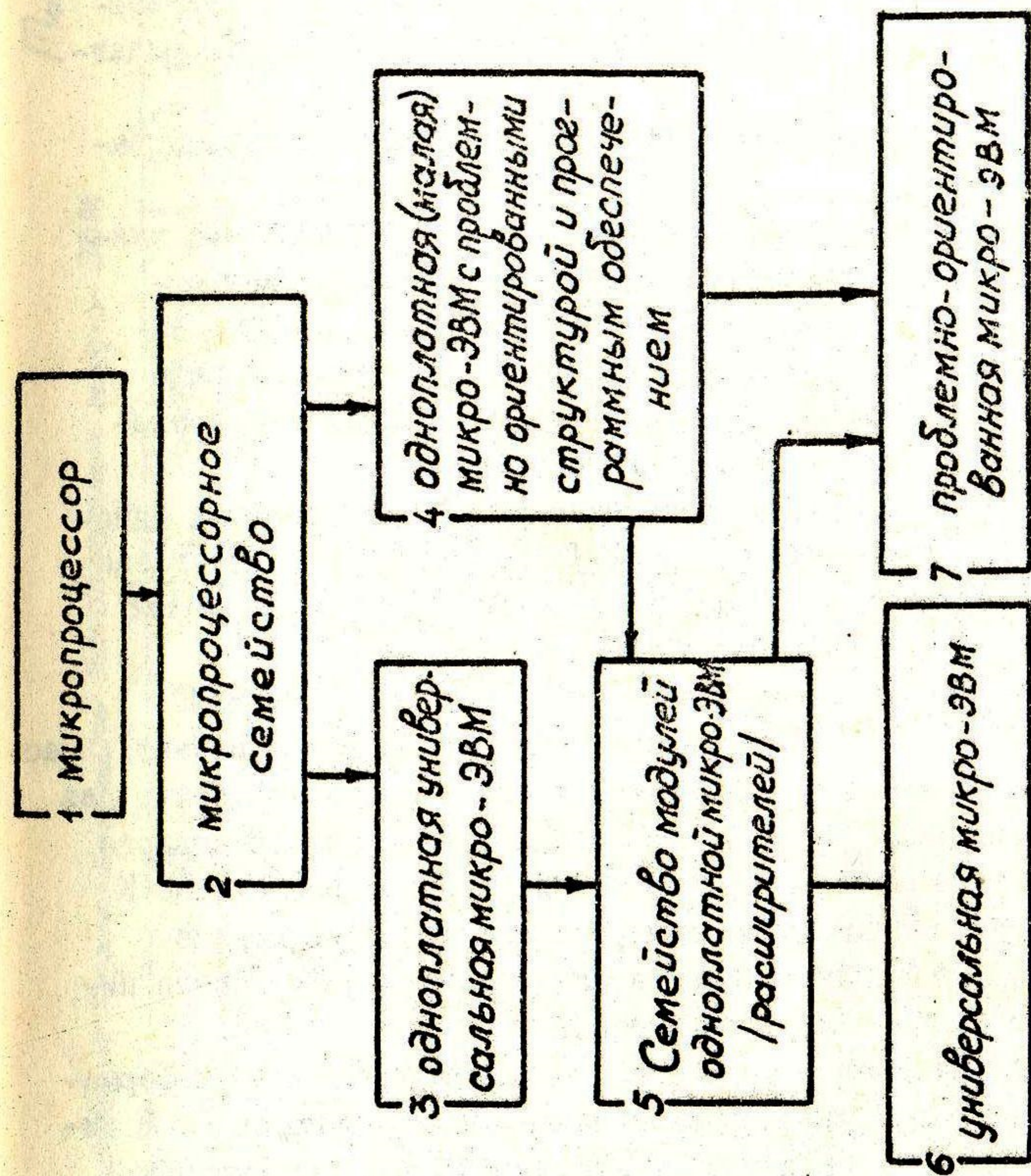


Рис. 2.2. Иерархия микропроцессорных средств

более 50 БИС. В микропроцессорную серию K580 включены следующие микросхемы [18]:

K580ИК80 – микропроцессор;

K580ИК55 – программируемый параллельный интерфейс периферийных устройств (ПИ);

K580ИК51 – программируемый интерфейс каналов связи (универсальный программируемый синхронный приемопередатчик – УСАПП);

K580ИК57 – программируемый контроллер прямого доступа к памяти.

Третий уровень микропроцессорных средств – одноплатные микро-ЭВМ, как универсальные, так и проблемно-ориентированные. Одноплатная микро-ЭВМ (Single Board Computer) – это законченная цифровая вычислительная машина, выполненная в виде единого модуля на одной плате, как правило, с применением элементов некоторого микропроцессорного семейства.

Основные технические характеристики ряда универсальных одноплатных микро-ЭВМ приведены в табл.2.1. На рис.2.3 представлена блок-схема одноплатной микро-ЭВМ типа SBC 80/20 фирмы Intel [19], построенная на элементах семейства MCS-80.

На плате расположены микропроцессор 8080, элементы ЗУПВ общей емкостью 2К байт (в модификации 80/20-4 емкость 4К байт), места для установки элементов ПЗУ максимальной емкостью 8К байт, два программно управляемых таймера для организации режима реального времени, схемы управления прерываниями и интерфейсные схемы. К последним относится микросхема синхронноасинхронного приемопередатчика 8251, две микросхемы параллельного периферийного интерфейса 8255 и схемы контроллера шины.

Для связи с внешними устройствами микро-ЭВМ имеет 48 информационных параллельных линий, организованных в шесть групп по 8 линий, причем возможно программное назначение линий как входных, выходных или двунаправленных. Кроме этого, к плате может подключаться последовательное устройство ввода-вывода с интерфейсом RS232. Тип связи (синхронная, асинхронная), протокол связи (количество стоповых битов, тип контроля, символы синхронизации) и скорость обмена задаются программно. В синхронном режиме скорость может изменяться от 75 до 19200 бод, в асинхронном режиме максимальная скорость 38400 бод. Кроме этого, микро-ЭВМ сопря-

Таблица 2.1

Основные технические характеристики одноплатных микро-ЭВМ

Фирма	Модель	Мик процессор	Разрядность (бит) данные/адрес	Максимальная частота (МГц)	Память (К байт)				Тип шины /C-совместимая/	Параметры ввода-вывода (линий)	Последовательный ввод-вывод		Возможность периферийных устройств	Возможность мультимедийных устройств	Программное обеспечение А-ассемблер М-монитор ОС-операционная система Я-язык высокого уровня	Размеры платы (ммхмм)
					Возможная адресация	ЗУПВ на плате мин/макс	ПЗУ на плате мин/макс	Возможность ПДП			кал-во линий	Скорость обмена (Кбайт/сек)				
Apple Comp.	TPM-200	8080A	8/16	1.02	64	4/48	0/12		C		1	9.6			A, Я	216 x 355
Data General	micro Nova	тN601	16/15	8.3	32	2/4	0.5/4		C		1	16.6M			A, ОС, Я	241 x 190
Digital Equip. Co.	KD11	LSI-11	16/15	2.6	32	4/4	0	.	LSI-11Bus		1				A, ОС, Я	267 x 216
Iasis	SBC 80/80C	Z-80	8/16	2.04	64	16	0/16	.	SBC	64	1	38.4	.	.	A,	171 x 304
Imesai	MPLU-B	8085	8/16	3	64/1M	0.25	2/4	.	S-100	16	2	56	.	.	M	133 x 254
Intel	SBC 80/10	8080A	8/16	2.04	64	1	0/8	.	Multibus	48	1	38.4	.	.	M	171 x 304
Intel	SBC 80/20	8080A	8/16	2.15	64	2	0/8	.	Multibus	48	1	38.4	.	.	M	171 x 304
Motorola	M68M01A	MC6800	8/16	1	64	1	0/8	.	EXORciser	40	1	9.6	.	.	A, M, Я	247 x 152
Pro-log	PLS-401	4040	4/12	0.75	4				C	16/16						114 x 165
Texas Instr.	TM-990/180	TMS9980	8/14	2.5	16	0.5/1	2/4	.	C	24	1	38.4			A, M, Я	279 x 190
Zilog	Z80MCB	Z-80	8/16	2.47	64	4/16	0/4	.	C	16	1	38.4			A, M, ОС, Я	195 x 190

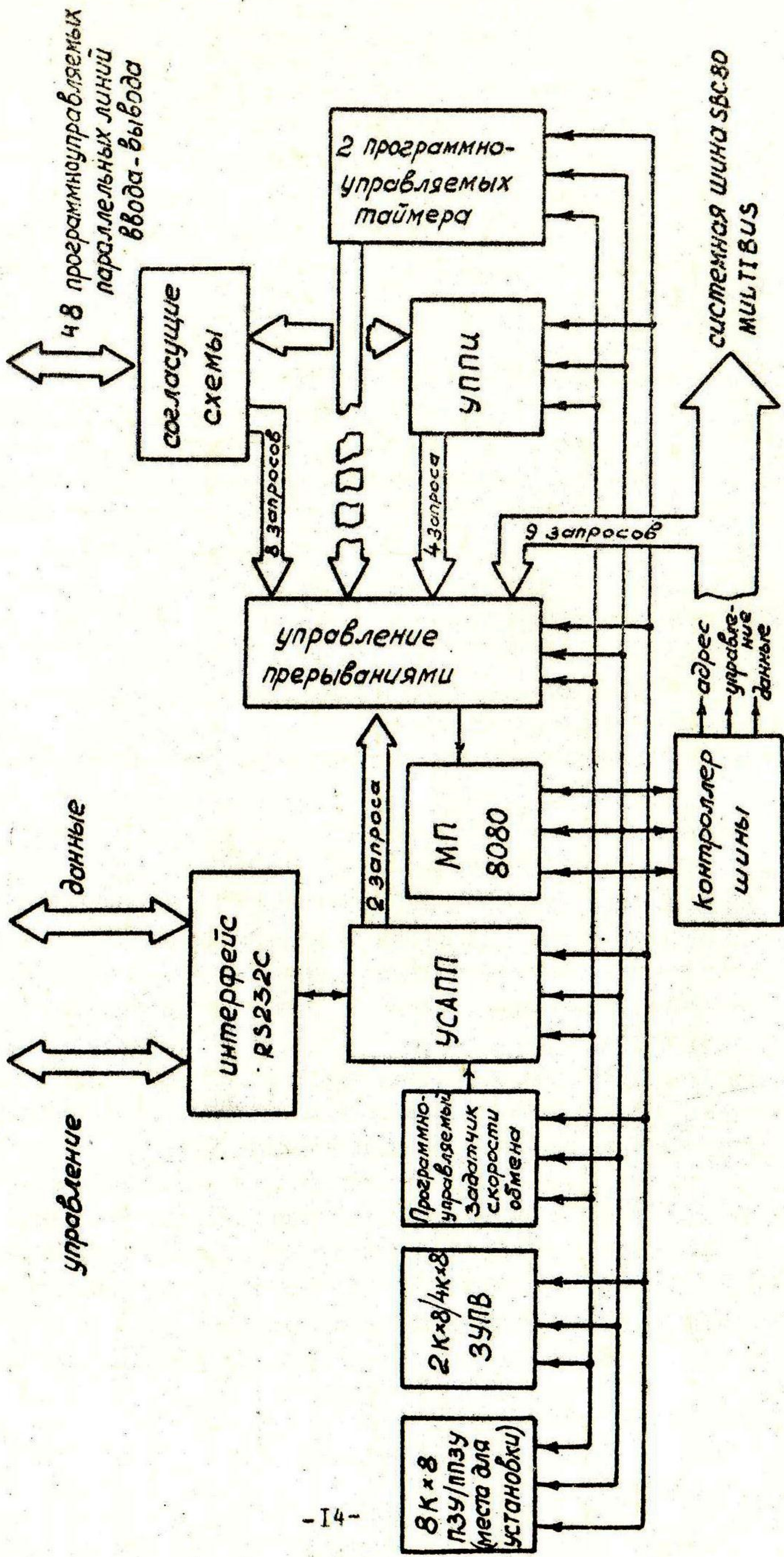


Рис. 2.3. Блок-схема одноплатной микро-ЭВМ SBC-80/20

гается со стандартной шиной **MULTIBUS**, причем встроенный контроллер шины обеспечивает работу в режиме разделения до 16 ведущих устройств (например, аналогичных микро-ЭВМ).

Проблемно-ориентированные одноплатные микро-ЭВМ обычно представляют специализированные микровычислители, которые выполняют простейшие функции управляющих автоматов при незначительной доли вычислительных операций (см. [8,20] - пример построения контроллера светофора для управления уличным движением).

Для расширения возможностей одноплатных микро-ЭВМ и для построения более мощных вычислителей выпускаются наборы аппаратно и конструктивно совместимых модулей - семейства микропроцессорных модулей. Все модули семейства изготавливаются в виде стандартных плат одного или нескольких типоразмеров, которые подключаются к некоторой стандартной шине.

Так, например, семейство **SBC-80** фирмы **Intel** состоит из 34 модулей и включает (основные модули):

- 80/04 - микрокомпьютерная плата,
- 80/05 - микрокомпьютерная плата,
- 80/10 - микрокомпьютерная плата,
- 80/20 - микрокомпьютерная плата,
- 310 - плата высокопроизводительного арифметического расширителя,
- 201 - контроллер гибкого диска,
- 016 - плата динамического ЗУПВ на 16К байт,
- 064 - плата динамического ЗУПВ на 64К байт,
- 416 - плата ПЗУ/ПЗУ на 16К байт,
- 501 - контроллер прямого доступа в память,
- 517 - плата расширения последовательного и параллельного входа-выхода,
- 711 - плата 12-разрядного аналого-цифрового преобразования.

Все модули семейства имеют выход на шину **MULTIBUS**, что позволяет легко строить на их базе "большие" микро-ЭВМ.

Многоплатные микро-ЭВМ представляют высший уровень микропроцессорных средств. Здесь также можно выделить два основных типа микро-ЭВМ: универсальные (чаще всего это бытовые или личные микро-ЭВМ) и проблемно-ориентированные. Границы между ними весьма расплывчатые, они могут быть построены на базе элементов и модулей одного семейства по почти одинаковым структурам. Проблем-

ная ориентация проявляется во введении специальных модулей и использовании проблемно-ориентированного математического обеспечения.

Рассмотрим обобщенную структуру многоплатной универсальной микро-ЭВМ, приведенную на рис. 2.4. Все модули вычислителя связаны с единой шиной, состоящей из трех подшин: адреса, данных и управления. Информация между модулями передается только по шине.

1. Пульт оператора. Служит для управления работой микро-ЭВМ. На пульт выносятся все органы управления машиной и элементы сигнализации. С пульта осуществляется включение, задание режимов работы (останов, пуск, такт, цикл, автомат), запись и контроль информации в запоминающих устройствах и т.п. Нужно отметить, что в бытовых микро-ЭВМ, предназначенных для технически неподготовленного пользователя, пульт управления отсутствует.

2. Процессор. Центральный обрабатывающий модуль микро-ЭВМ, определяющий все основные характеристики машины (разрядность, система адресации, система операций, производительность).

3. Модуль прерывания. Организует обслуживание периферийных устройств в соответствии с присвоенными им приоритетами. Воспринимает запросы на прерывание от контроллеров и интерфейсных схем, выбирает наиболее приоритетный из незамаскированных запрос и, если прерывание разрешено, посылает сигнал запроса на прерывание в процессор. Количество запросов, воспринимаемых модулем, зависит от его конструкции (чаще всего 8-16 с возможным расширением).

4. Интерфейс с дисплеем и клавиатурой. Алфавитно-цифровая клавиатура и дисплей стали стандартными устройствами ввод-вывода микро-ЭВМ. Чаще всего дисплей и клавиатура выпускаются в виде единого узла, при этом клавиатура обеспечивает ввод алфавитно-цифровой информации, а дисплей - отображение вводимых символов и результатов работы. Для снижения стоимости микро-ЭВМ в качестве дисплея может использоваться бытовой черно-белый или цветной телевизор. Интерфейсные схемы осуществляют сопряжение шины со схемами клавиатуры и дисплея.

5-6. Запоминающие устройства. Хранят системные программы, программы пользователя и обрабатываемую информацию. Емкость запоминающих устройств колеблется: для ЗУПВ от 1К до 16К байт, для ПЗУ от 1К до 4К байт. Возможно расширение памяти.

7. Контроллер кассетного магнитофона. Используется как устройство связи между шиной и кассетным магнитофоном, который в

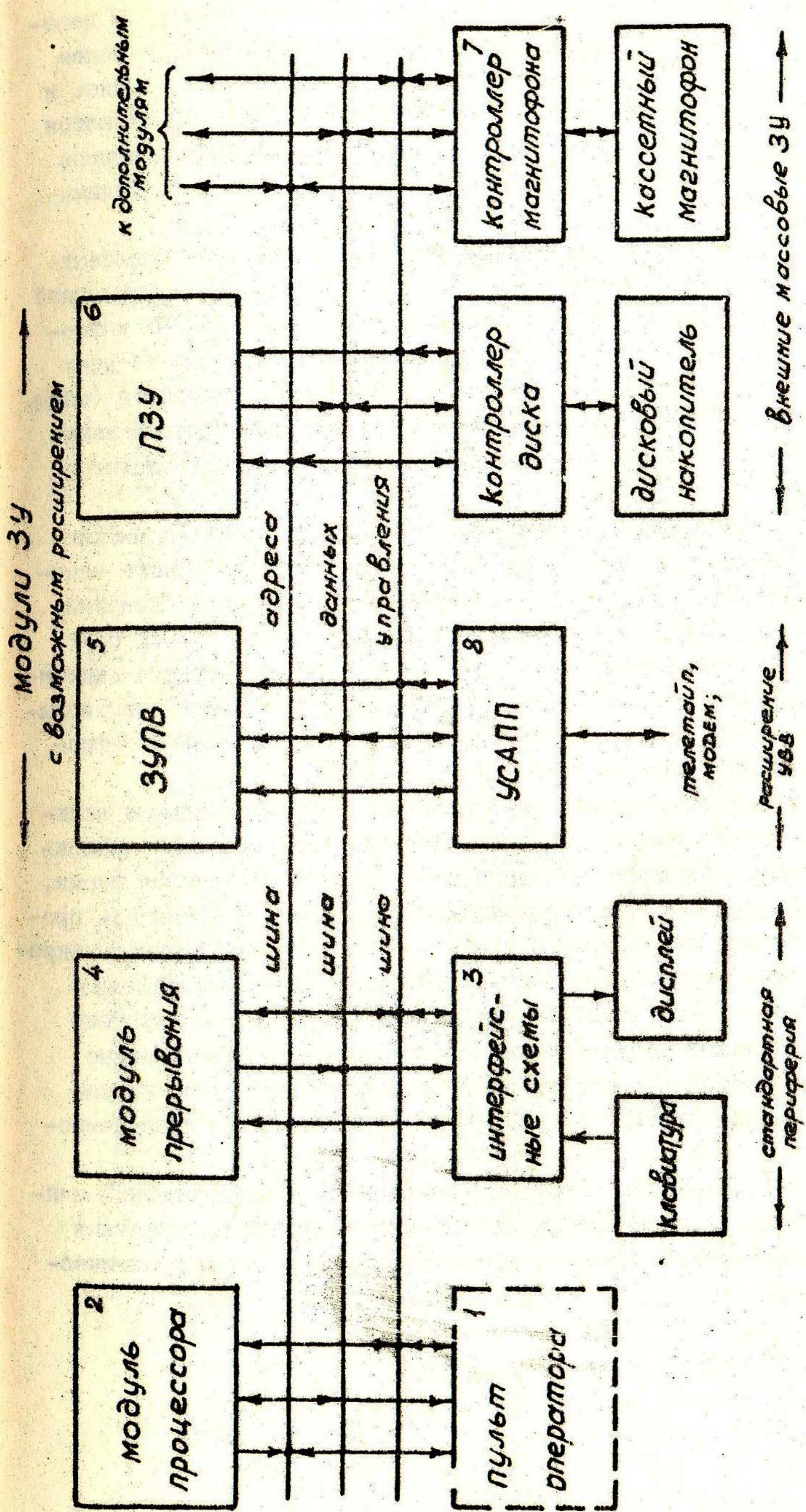


Рис. 2.4. Блок-схема универсальной микро-ЭВМ бытового (личного) применения

большинстве микро-ЭВМ выполняет функции массовой памяти. В дешевых системах используются обычные бытовые магнитофоны, в более дорогих – специально разработанные накопители. Так как запись и чтение информации на кассетных магнитофонах обычно выполняются последовательным кодом, для построения контроллера применяются схемы последовательно-параллельного преобразования и модуляции-демодуляции.

В. Синхронноасинхронный приемопередатчик. Большое количество устройств ввода-вывода с последовательным обменом информацией (телетайпы, модемы) требует включения в состав микро-ЭВМ интерфейсных схем, обеспечивающих связь с ними. Практически во всех микро-ЭВМ есть линия для подключения такого рода устройств (обычно в стандарте RS232), выполненная на программно управляемых схемах УСАПП. Как правило, сами устройства в состав вычислителя не входят.

К микро-ЭВМ может также подключаться накопитель на гибких магнитных дисках с помощью специального контроллера. Такие накопители значительно удорожают систему и поставляются за дополнительную плату. Диски позволяют хранить от 256К байт до 1М байт информации. Использование дисков требует соответствующего системного математического обеспечения. Кроме этого, в составе вычислителя иногда поставляются интерфейсные схемы параллельной цифровой связи (ППИ), таймеры и т.п.

Программное обеспечение универсальной микро-ЭВМ обычно включает монитор, обеспечивающий управление вводом-выводом и прохождением задачи и библиотеку подпрограмм. Если используются диски, в состав обеспечения вводится системы управления файлами или простейшие дисковые операционные системы. Для программирования микро-ЭВМ чаще всего используется макроассемблер (для неквалифицированных пользователей) БЭЙСИК. Компилятор с макроассемблера или БЭЙСИКа размещается в элементах ПЗУ вычислителя. Более мощные языки программирования для микро-ЭВМ реализуются в виде кросс-средств (на больших ЭВМ) и доступны профессиональным программистам.

На рис.2.5 приведена структура проблемно ориентированной микропроцессорной системы для физиологического контроля состояния организма при катетеризации сердца. Структура системы практичес-

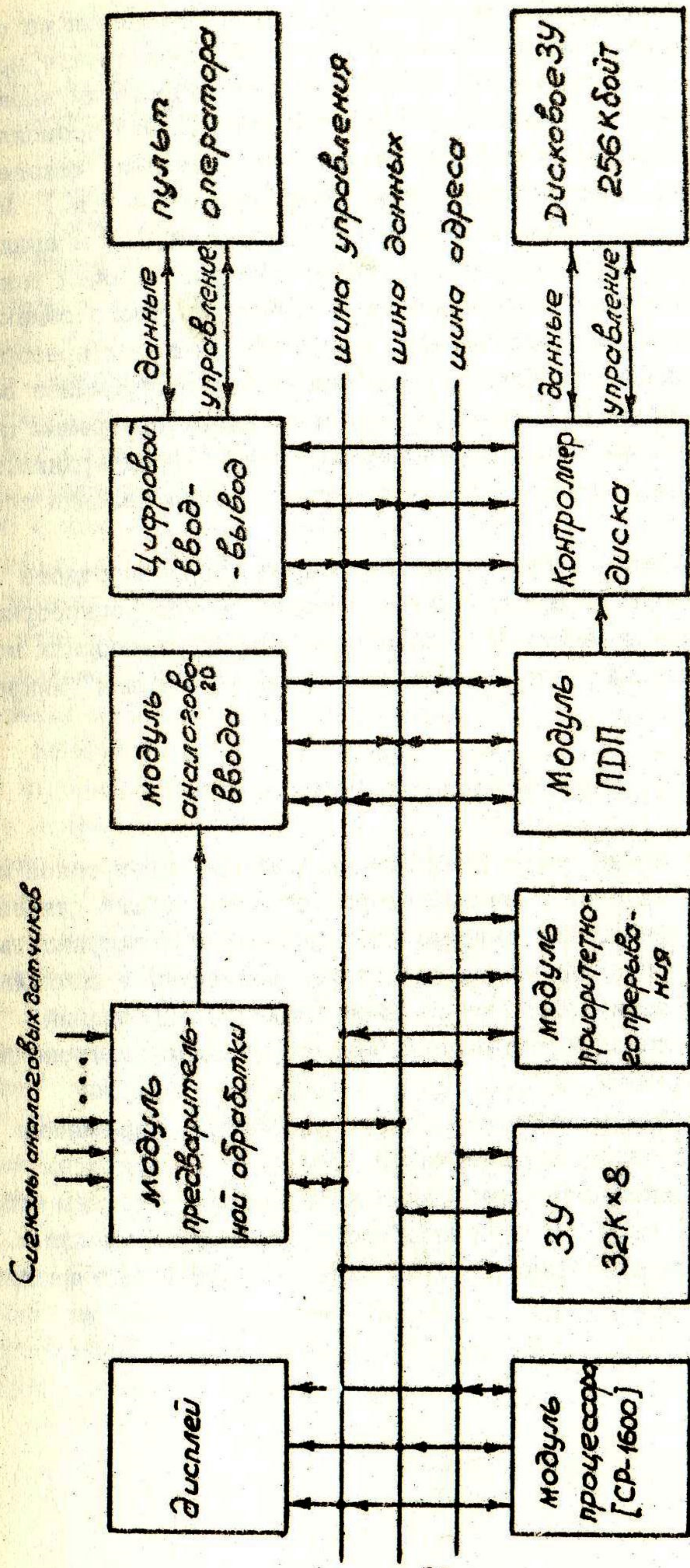


Рис. 2.5. Блок-схема микропроцессорной системы контроля физиологических данных [21]

ки совпадает со структурой универсальной микро-ЭВМ: такая же организация межмодульных связей в виде единой шины, аналогичные модули, но дополнительно введены модули предварительной обработки аналоговых сигналов и аналого-цифрового преобразования. Это позволяет подключить к системе датчики физиологического состояния человека (датчики давления, электрокардиографические датчики и т.п.). Модуль аналого-цифрового преобразования имеет 12-разрядный АЦП и аналоговый мультиплексор на 16 входов. В состав системы включен также модуль прямого доступа к памяти для организации быстрого обмена данными между ЗУПВ, дисковой памятью и аналого-цифровым преобразователем. Система имеет проблемно-ориентированное программное обеспечение большого объема. Так, например, прикладные программы позволяют вычислять: артериальное давление, давления в предсердиях, минутный объем сердца, площади клапанов сердца, сопротивления сосудистой системы и т.п.

Итак, основными составляющими микропроцессорных средств вычислительной техники являются: микропроцессор, микропроцессорное семейство, одноплатная микро-ЭВМ, семейство микропроцессорных модулей, многоплатная микропроцессорная система – "большая" микро-ЭВМ.

2.2. Микропроцессорные шины

Обмен информацией между модулями практически всех типов микро-ЭВМ происходит по единой шине, которая образует общий для всех плат-модулей интерфейс. Под интерфейсом понимается совокупность правил связи между различными устройствами (модулями) в вычислительной системе. Различается четыре типа правил и требований:

1. Описание линий интерфейса и смысла сигналов, которые передаются по этим линиям.

2. Правила обмена сигналами (протокол связи) – временные диаграммы, порядок следования сигналов.

3. Электротехнические требования к сигналам – уровни, длительности фронтов, нагрузочные способности, уровни помех и т.п.

4. Физические требования – типы разъемов, расположение линий, выполнение связей и т.д.

Единый интерфейс [18] между всеми модулями вычислителя, реализованный в виде шины, обеспечивает:

- реализацию модульного принципа построения;
- стандартный способ обмена между модулями;
- модульность конструкции;
- гибкость системы, простоту ее реконфигурации.

Все модули, подключаемые к шине, можно разбить на два типа: ведущие и ведомые. Ведущие - это модули, которые могут управлять шиной, т.е. инициировать выдачу сигналов в шину. Ведомые - это модули, которые посылают сигналы в шину только в ответ на соответствующие сигналы ведущего модуля. Ведущий модуль может находиться в двух состояниях: активном и пассивном. В активном состоянии модуль управляет шиной ("захватил" шину) и производит обмен информацией с каким-либо другим модулем. Когда один из ведущих модулей активен, все остальные ведущие - пассивны (см. рис. 2.6). В этом состоянии ведущий модуль только выдает запрос на шину, т.е. объявляет, что ему требуется произвести обмен информацией. С точки зрения направления передачи информации любой модуль (активный ведущий и ведомый) может быть как источником, так и приемником.

Возможны случаи, когда несколько ведущих модулей в один и тот же момент времени требуют шину для выполнения обмена, возникает конфликт между модулями. Возможны различные пути разрешения такого рода конфликтов. Чаще всего используются следующие два варианта.

В первом к шине подключается специальный модуль - арбитр (контроллер) шины, который получает все запросы ведущих устройств на захват шины и решает, какому из них ее отдать. При этом модулям заранее назначаются приоритеты, по которым арбитр и разрешает конфликт. Возможно также маскирование запросов.

Во втором варианте арбитр шины как бы распределяется между всеми модулями, в каждом есть схемы, выполняющие его функции. Приоритет модуля задается его физическим расположением в конструкции, например, приоритетность уменьшается слева направо. Тогда ведущий модуль, установленный левее, имеет больший приоритет и в случае конфликта с модулем, расположенным правее, ему отдается предпочтение. Возможны и другие варианты решения конфликтных ситуаций [22]. Необходимо отметить, что есть шины, позволяющие

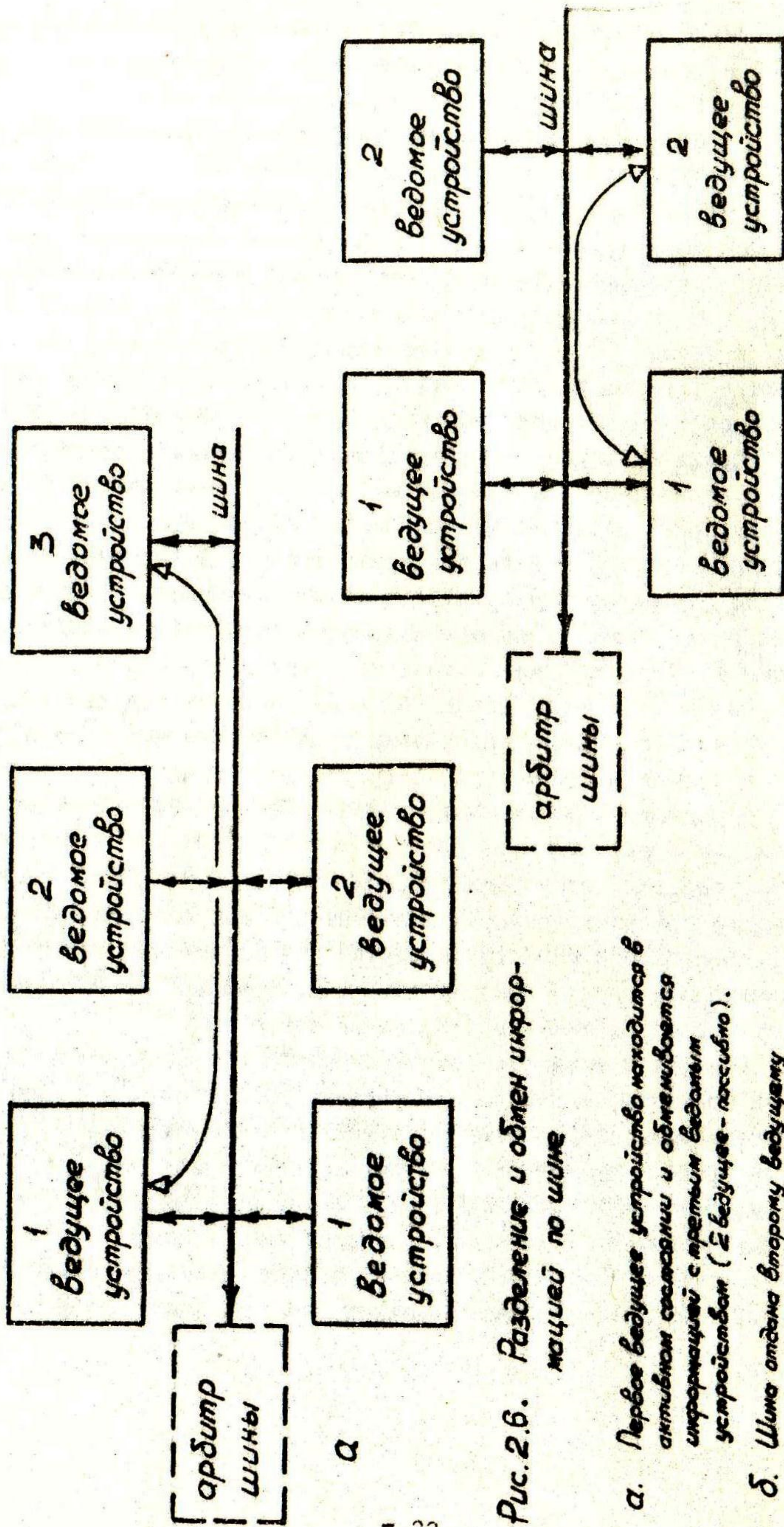


Рис. 2.6. Разделение и обмен информацией по шине

а. Первое ведущее устройство находится в активном состоянии и обменивается информацией с третьим ведомым устройством (2 ведущее - пассивно).

б. Шина отдана второму ведущему устройству, которое перешло в активное состояние и обменивается с первым ведомым.

подключать только одно ведущее устройство. Понятно, что возникновение конфликта в этом случае невозможно, и контроллер шины в любом его варианте не нужен.

Каждая шина включает набор линий, по которым модули обмениваются между собой соответствующими сигналами. Обычно название сигнала и название линии, по которой он передается, совпадают. Линии микропроцессорных шин делятся на ряд типов в зависимости от назначения сигналов. Группы линий, по которым передаются однотипные сигналы, часто также называются шиной.

Микропроцессорные шины состоят из следующих линий:

- адресные линии (шина адреса), по которым передаются адреса ячеек запоминающих устройств, адреса периферийных устройств, адреса модулей и т.п.;
- линии данных (шина данных), по которым передаются данные (операнды) между ведущим и ведомым модулями;
- линии управления (шина управления), по которым передаются сигналы управления. К шине управления относятся как собственно управляющие сигналы (сброс, чтение, запись и т.п.), так и сигналы запросов на прерывания, синхросигналы;
- линии питания (шина питания), по которым подаются питающие напряжения, сюда же включается и общая линия (линии) - "земля";
- резервные линии. Назначение этих линий стандартом на шину не определяется, они могут использоваться по желанию пользователя.

Характеристики наиболее распространенных микропроцессорных шин приведены в табл. 2.2 [30, 31]. Отметим, что все шины, кроме S-100 (шина любительских и бытовых микро-ЭВМ, ориентированных на процессор 8080 и его аналоги), обеспечивают подключение нескольких ведущих модулей. В некоторых случаях разнотипные сигналы передаются по одним и тем же линиям, например, в шине SI-11 линии адреса используются и для передачи данных и для передачи вектора прерывания.

Для всех сигналов, которые передаются по линиям шины, устанавливаются их электрические характеристики. Практически во всех микропроцессорных шинах общего назначения используются сигналы с уровнями TTL. Обычным является требование, что каждый модуль должен нагружать линию только одним входом TTL элемента, каждый выход модуля должен обеспечить подключение не менее 10 стандарт-

Характеристики микропроцессорных шин

Таблица 2.2

шина	MULTIBUS	UNIBUS	LSI - MBUS	S-100	STD-BUS
Разработчик	Intel	DEC	DEC	MTS	PRO-LOG
Разъем / контактов /	86	72	72	100	56
адрес	16	18	18	16	16
данные	16	16	***	8+8*	8
управления	15	21	18	38	22
Сигналы: прерывания	8	1**	1***	8	3
	8	14	8	2	4
	16	2	9	4	6
	7	0	18	16	0
Размер	171	216	216	165	165
модуль / см / ширина	304	132/267/421	132/267/421	267	114

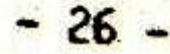
* Раздельные шины чтения и записи
 ** Вектор прерывания на шине данных
 *** Разделение с адресной шиной

ных ТТЛ нагрузок (часто это требование увеличивается до 30-60). Общепринятым в настоящее время также является требование, чтобы все выходные сигналы модулей подавались на линии шины через элементы с тремя устойчивыми состояниями. При этом выход нормально отключен от линии (находится в третьем состоянии), а включение происходит только в определенные моменты времени: для ведущего модуля при захвате шины (переходе в активное состояние), для ведомого модуля - только в ответ на соответствующие сигналы активного ведущего модуля.

Физически микро-ЭВМ выполняется в виде конструктива с местами для установки прямоугольных плат-модулей. На одной стороне платы имеется вилка разъема (или разъемов), которым модуль подключается к шине. Этот разъем называется системным (шинным, магистральным). На противоположной стороне платы также могут размещаться разъемы для подключения дополнительных устройств к модулю. Это могут быть периферийные устройства (тогда этот разъем называется интерфейсным, а сама плата - интерфейсной платой) или устройства для тестирования и (или) диагностики модуля. Расстояние между системным и этими разъемами называется высотой платы, расстояние между остальными двумя сторонами - шириной платы.

Каждая плата устанавливается в конструктив, при этом происходит механическое и электрическое соединение с ответной частью системного разъема - модуль подключается к шине. Количество системных разъемов в конструктиве равно количеству мест для установки модулей. Каждый контакт ответной части системного разъема электрически соединен с одноименными контактами всех остальных системных разъемов. Такое соединение и образует физически одну линию шины. Суммарное количество линий равно количеству контактов системного разъема.

На рис.2.7 упрощенно показан пример подключения модулей универсальной микро-ЭВМ (структура рис.2.4) к микропроцессорной шине.



- 26 -