

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА  
имени Мирзо Улугбека**

**АРХИТЕКТУРА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА**

**Учебное пособие**

**Ташкент-2004**

Составители преподаватели кафедры «Сетевые технологии»:  
Марахимов А.Р., Варламова Л.П., Назаров Х.З.

Учебное пособие предназначено для студентов бакалавриата обучающихся по специальности «ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА» и «ИНФОРМАТИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» 5521900. Данное учебное пособие составлено по материалам современных отечественных, зарубежных и интернет изданий. Учебное пособие поможет студентам при подготовке к тестам и в освоении материалов по конструкции и архитектуре персонального компьютера.

Рецензенты: д.т.н.проф. Каримов М.А. (ТашГТУ),  
к.т.н. доцент Абдуллаев А.Х. (МинВУЗ)

Утверждено на заседании Ученого Совета Национального Университета  
Узбекистана имени Мирзо Улугбека 28.01.2004.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ.....</b>	<b>5</b>
ВВЕДЕНИЕ .....	5
КРАТКАЯ ИСТОРИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ .....	7
ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ .....	13
ПРИНЦИПЫ ФОН-НЕЙМАНА .....	13
<b>ГЛАВА 2. ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭВМ С ШИННОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ .....</b>	<b>17</b>
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ ЭВМ .....	19
<b>ГЛАВА 3. ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭВМ С КАНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ.....</b>	<b>26</b>
ПОНЯТИЕ КАНАЛА .....	26
<b>ГЛАВА 4. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭВМ.....</b>	<b>29</b>
ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭВМ .....	29
ОСНОВНЫЕ КОМАНДЫ ЭВМ .....	36
<b>ГЛАВА 5. ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ЭВМ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ .....</b>	<b>39</b>
ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЭВМ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ.....	40
КЛАССИФИКАЦИЯ ПЭВМ .....	41
<b>ГЛАВА 6. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПК.....</b>	<b>50</b>
ОСНОВНЫЕ БЛОКИ ПК И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ .....	50
СТРУКТУРА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА .....	52
ВНУТРИМАШИННЫЙ СИСТЕМНЫЙ ИНТЕРФЕЙС .....	57
ЛОКАЛЬНЫЕ ШИНЫ.....	58
КАРТЫ, СОКЕТЫ, СЛОТЫ, ДЖАМПЕРЫ.....	60
КАБЕЛИ И РАЗЪЕМЫ .....	63
<b>ГЛАВА 7. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ПК. МИКРОПРОЦЕССОРЫ. ....</b>	<b>66</b>
ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ПК .....	66
ПРОЦЕССОРЫ .....	68
МИКРОПРОЦЕССОРЫ .....	70
УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРА .....	70
<b>ГЛАВА 8. ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ПК.....</b>	<b>81</b>
РАЗНОВИДНОСТИ ПАМЯТИ.....	81
<b>ГЛАВА 9. ИЕРАРХИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПАМЯТИ.....</b>	<b>89</b>
ИЕРАРХИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПАМЯТИ .....	90
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАМЯТИ.....	91
АРХИТЕКТУРА УНИФИЦИРОВАННОЙ ПАМЯТИ — UMA .....	94
ВИРТУАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ.....	94
ДИНАМИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ.....	95
РЕГЕНЕРАЦИЯ .....	97
МОДУЛИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ .....	98
ОБЩИЙ ПРИНЦИП ДОСТУПА К ДАННЫМ.....	101
<b>ГЛАВА 10. ТРАДИЦИОННАЯ ПАМЯТЬ С АСИНХРОННЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ .....</b>	<b>102</b>
ПАМЯТЬ С СИНХРОННЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ — SDRAM И DDR SDRAM .....	103
<b>ГЛАВА 11. ВИРТУАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ПАМЯТИ .....</b>	<b>107</b>
КОНЦЕПЦИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ПАМЯТИ .....	107
СЕКМЕНТАЦИЯ ПАМЯТИ.....	109
<b>ГЛАВА 12. ОСНОВНЫЕ ВНЕШНИЕ УСТРОЙСТВА ПК.....</b>	<b>111</b>

Принтеры и плоттеры.....	118
Буквопечатающие принтеры.....	118
Матричные игольчатые принтеры.....	119
Струйные принтеры.....	122
Лазерные принтеры.....	123
Плоттеры.....	124
Сканеры.....	126
<b>ГЛАВА 13. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЭВМ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ.....</b>	<b>128</b>
Вычислительные системы.....	130
<b>ГЛАВА 14. ТОПОЛОГИИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ.....</b>	<b>135</b>
Роль локальных сетей.....	135
Топологии локальных сетей.....	136
Топология шина.....	138
Топология звезда.....	140
Топология кольцо.....	142
Смешанные топологии.....	145
<b>ГЛАВА 15. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....</b>	<b>149</b>
<b>ГЛОССАРИЙ.....</b>	<b>152</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>161</b>

# ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ

- Введение
- Краткая история развития ЭВМ
- Основные определения
- Принципы организации информационных процессов

## ВВЕДЕНИЕ

30 мая 2002 года в Республике Узбекистан Президентом был издан указ УП №3080 «О дальнейшем развитии компьютеризации и информационно-коммутационных технологий», была утверждена «Программа развития компьютеризации и информационно-коммутационных технологий на 2002-2010 годы». Таким образом, на приоритетные позиции в нашей республике выходят компьютерные и информационные технологии, развиваются и модернизируются сети телекоммуникаций, передачи данных, доступ к услугам интернет. Реализация мер, определенных указом, обеспечит создание национальных информационных систем, ресурсов, условий для массового внедрения в экономику и жизнь каждого члена общества компьютерной техники и информационных технологий, повысит конкурентоспособность отечественной экономики на мировом рынке. Основой для принятия этих важных решений явилась высокая потребность отраслей экономики и общества в оперативном обмене информации, доступе к мировым информационным ресурсам, необходимость компьютеризации образовательных процессов и повседневной жизни людей, а также потребность в обеспечении сохранности информации и базы данных.

Во второй половине XX века человечество вступило в новый этап своего развития. В этот период начался переход от индустриального общества к информационному. Процесс, обеспечивающий этот переход получил название информатизации. Информатизация – это процесс создания, развития и всеобщего применения информационных средств и технологий, обеспечивающих достижение и поддержание уровня информированности всех членов общества, необходимого и достаточного для кардинального улучшения качества труда и условий жизни в обществе. При этом информация становится важнейшим стратегическим ресурсом общества и занимает ключевое место в экономике, образовании и культуре.

В современном мире информация, как правило, обрабатывается на вычислительных машинах. Поэтому основным инструментарием является вычислительная машина или компьютер.

Компьютер (англ. computer — вычислитель) представляет собой программируемое электронное устройство, способное обрабатывать данные и производить вычисления, а также выполнять другие задачи манипулирования символами.

Компьютер представляет собой устройство, способное исполнять четко определенную последовательность операций, предписанную программой. Понятие «компьютер» является более широким, чем «электронно-вычислительная машина» (ЭВМ), поскольку в последнем акцент делается на вычисления. Персональный компьютер (ПК) характерен тем, что им может пользоваться один человек, не прибегая к помощи обслуживающего персонала и не отводя под него специального зала с особым климатом, мощной системой электропитания и прочими атрибутами

больших вычислительных машин. Персональный компьютер обычно в значительной степени ориентирован на интерактивное взаимодействие с одним пользователем (в играх иногда и с двумя), причем взаимодействие происходит через множество сред общения – от алфавитно-цифрового и графического диалога посредством дисплея, клавиатуры и мыши до устройств виртуальной реальности, в которой пока не задействованы, наверное, только запахи. Когда используется аббревиатура PC (Personal Computer), подразумевается ПК, совместимый с самым массовым семейством персональных компьютеров фирмы IBM и их клонов. Возможности многих компьютеров этого семейства позволяют использовать их в качестве серверов в сетях или локальных многотерминальных системах. Словосочетание *PC-сервер* предполагает повышенную мощность (скорость вычислений, объем оперативной и внешней памяти) и особое конструктивное исполнение (просторный корпус) компьютера. Персональный компьютер может предоставить свои ресурсы (дисковое пространство, принтеры или модемы) другим компьютерам, для которых он будет являться невыделенным сервером. Понятие *рабочая станция* (workstation, WS), в который может быть вложено два значения. В компьютерной сети рабочей станцией называют компьютер пользователя (как противоположность серверу). Однако рабочая станция может быть и изолированным (standalone computer), но особенно мощным компьютером (его подключение к сети не исключается). В этом случае часто подразумевается архитектура, отличающаяся от IBM PC – совместимой (например, компьютер на RISC-процессоре). Для мощного IBM PC – совместимого компьютера применяют англоязычный термин High End PC, которому короткого русского аналога пока нет.

Существует два основных класса компьютеров:

- цифровые компьютеры, обрабатывающие данные в виде числовых двоичных кодов;
- аналоговые компьютеры, обрабатывающие непрерывно меняющиеся физические величины (электрическое напряжение, время и т.д.), которые являются аналогами вычисляемых величин.

Поскольку, в настоящее время подавляющее большинство компьютеров являются цифровыми, далее будем рассматривать только этот класс компьютеров и слово "компьютер" употреблять в значении "цифровой компьютер".

Основу компьютеров образует аппаратура (HardWare), построенная, в основном, с использованием электронных и электромеханических элементов и устройств. Принцип действия компьютеров состоит в выполнении программ (SoftWare) — заранее заданных, четко определённых последовательностей арифметических, логических и других операций.

Любая компьютерная программа представляет собой последовательность отдельных команд.

*Команда* — это описание операции, которую должен выполнить компьютер. Как правило, у команды есть свой код (условное обозначение), исходные данные (операнды) и результат.

Например, у команды "сложить два числа" операндами являются слагаемые, а результатом — их сумма. А у команды "стоп" операндов нет, а результатом является прекращение работы программы.

Результат команды вырабатывается по точно определенным для данной команды правилам, заложенным в конструкцию компьютера.

Совокупность команд, выполняемых данным компьютером, называется системой команд этого компьютера.

Компьютеры работают с очень высокой скоростью, составляющей миллионы - сотни миллионов операций в секунду.

Персональные компьютеры, более чем какой-либо другой вид ЭВМ, способствуют переходу к новым компьютерным информационным технологиям, которым свойственны:

- дружественный информационный, программный и технический интерфейс с пользователем;
- выполнение информационных процессов в режиме диалога с пользователем;
- - сквозная информационная поддержка всех процессов на основе интегрированных баз данных, так называемая «безбумажная технология».

Компьютер - это многофункциональное электронное устройство для накопления, обработки и передачи информации.

Под архитектурой компьютера понимается его логическая организация, структура и ресурсы, т.е. средства вычислительной системы, которые могут быть выделены процессу обработки данных на определенный интервал времени.

Архитектура ПК определяет принцип действия, информационные связи и взаимное соединение основных логических узлов компьютера:

## **КРАТКАЯ ИСТОРИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ**

### **ПОКОЛЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ**

Первые проекты электронных вычислительных машин (ВМ) появились в конце 30-х — начале 40-х годов XX в. Технические предпосылки для этого уже были созданы, развивалась электроника и счетно-аналитическая вычислительная техника. В 1904 г. был изобретен первый ламповый диод, а в 1906 г. — первый триод (соответственно двух- и трехэлектродная электронная лампа); в 1918 г. — электронное реле (ламповый триггер). Триггерные схемы стали широко применяться в электронике для переключения и релейной коммутации.

Другой технической предпосылкой создания ЭВМ стало развитие электромеханической счетно-аналитической техники. Благодаря накопленному опыту в области развития вычислительной техники в середине 30-х годов стало возможным создание программно-управляемых вычислительных машин, а построение ВМ на электронных схемах открывало широкие перспективы, связанные с увеличением надежности и быстродействия.

ЭВМ появились, когда возникла острая необходимость в проведении трудоемких и точных расчетов. Уровень прогресса в таких областях науки и техники, как, например, атомная энергетика, аэрокосмические исследования, во многом зависел от возможности выполнения сложных расчетов, которые нельзя было осуществить в рамках электромеханических счетных машин. Требовался переход к вычислительным машинам, работающим с большей производительностью.

В истории развития ЭВМ выделяют пять этапов, соответствующих пяти поколениям ЭВМ.

Период машин первого поколения начинается с переходом к серийному производству ЭВМ в начале 50-х годов XX в. В них были реализованы основные принципы, предложенные Джоном фон-Нейманом.

1. *Принцип хранимой программы.* Машина имеет память, в которой хранятся программа, данные и результаты промежуточных вычислений. Программа вводится в машину, так же как и данные, в виде двоичных кодов (а не штекерным методом, т.е. коммутацией проводов в определенной последовательности).

2. *Адресный принцип.* В команде указываются не сами числа, над которыми нужно выполнять арифметические действия, а адреса ячеек памяти, где эти числа находятся.

3. *Автоматизм.* После ввода программы и данных машина работает автоматически, выполняя предписания программы без вмешательства человека. Для этого машина запоминает адрес выполняемой команды, а каждая команда содержит указание об адресе следующей команды. Указание может быть одним из трех типов: неявным (перейти к команде, следующей по адресу за выполняемой), безусловным (перейти к команде по заданному адресу), условным (проверить заданное условие и в зависимости от его выполнения перейти к команде по тому или иному адресу).

4. *Переадресация.* Адреса ячеек памяти, указанные в команде, можно вычислять и преобразовывать как числа.

Структура ЭВМ, в которой реализованы принципы фон-Неймана, впоследствии получила название структуры «фон-Неймана» (или классической). Все дальнейшее развитие ЭВМ шло двумя путями: совершенствование структуры фон-Неймана и поиск новых структур.

Технической основой элементной базы процессоров первых ЭВМ были электронные вакуумные лампы, а в качестве оперативных запоминающих устройств использовались электронно-лучевые трубки. Это были громоздкие по габаритам машины, занимающие много места и потребляющие много электроэнергии. Они делали несколько тысяч операций в секунду и обладали памятью в несколько тысяч машинных слов. Эти машины предполагали монопольный режим использования, т.е. в распоряжении пользователя были все ресурсы машины и ее управление. Программист писал свою программу в машинных кодах и отлаживал ее за пультом машины, которая на время отладки была полностью в его распоряжении. При этом 90% времени машина простаивала в ожидании команд, т.е. использование машинных ресурсов было малоэффективным из-за отсутствия развитой операционной системы. Использовались ЭВМ первого поколения в основном для научных расчетов. Первой отечественной ЭВМ была МЭСМ (малая электронная счетная машина), разработанная в 1947—1951 гг. под руководством акад. С.А.Лебедева. В 1952 г. была введена в эксплуатацию БЭСМ (большая электронная счетная машина), созданная под руководством С.А.Лебедева. В 1955 г. начался выпуск малой ЭВМ «Урал-1» (руководитель проекта Б.И.Рамеев).

Примером зарубежной серийной модели ЭВМ является IBM-701 (США).

Второе поколение ЭВМ (конец 50-х — середина 60-х годов) называют транзисторно-ферритовым, так как транзисторы (твердые диоды и триоды) заменили электронные лампы в процессорах, а ферритовые (намагничиваемые) сердечники — электронно-лучевые трубки в оперативных запоминающих устройствах.

Применение транзисторов существенно повлияло на характеристики и структуру машин. Транзисторные схемы позволили повысить плотность монтажа электронной аппаратуры на порядок и существенно (на несколько порядков) снизить потребляемую электроэнергию. Срок службы транзисторов на два-три порядка превосходил срок службы электронных ламп. Скорость ЭВМ возросла до сотен тысяч операций в секунду, а память — до десятков тысяч машинных слов.

Создание долговременной памяти на магнитных дисках и лентах, а также возможность подключения к ЭВМ изменяемого состава внешних устройств существенно расширили функциональные возможности вычислительных машин.

В организации вычислительного процесса крупным достижением было совмещение во времени вычислений и ввода-вывода информации, переход от

монопольного режима использования ресурсов машины к пакетной обработке. Задания для ЭВМ (на перфокартах, магнитных лентах или дисках) собирались в пакет, который обрабатывался без перерыва между заданиями. Это позволило более экономно использовать ресурсы машины.

В программировании были разработаны методы программирования в символических обозначениях, созданы первые алгоритмические языки и трансляторы с этих языков, созданы библиотеки стандартных программ.

Наиболее широкое применение нашли отечественные ЭВМ, такие, как БЭСМ-4, М-220, «Минск-32». Типичным представителем зарубежной ЭВМ второго поколения является IBM-7090.

Третье поколение ЭВМ (конец 60-х — начало 70-х годов) характеризуется появлением в качестве элементной базы процессора интегральных полупроводниковых схем (вместо отдельных транзисторов), что привело к дальнейшему увеличению скорости до миллиона операций в секунду и памяти до сотен тысяч слов.

ЭВМ третьего поколения также характеризуются крупнейшими сдвигами в архитектуре ЭВМ, их программном обеспечении, организации взаимодействия человека с машиной. Это прежде всего наличие развитой конфигурации внешних устройств (алфавитно-цифровые терминалы, графопостроители и т.п.) с использованием стандартных средств сопряжения, развитая операционная система, обеспечивающая работу в мультипрограммном режиме (несколько одновременно размещаемых в оперативной памяти программ совместно используют ресурсы процессора). Метод использования ресурсов ЭВМ — режим деления времени совместно с пакетной обработкой. Высокое быстродействие позволяет время обслуживания пользователей разбить на кванты, обрабатывая в течение кванта задание каждого, возвращаясь к пользователю за такое малое время, что у него за дисплеем создается иллюзия, что он один пользуется ресурсами машины.

Переход к машинам четвертого поколения — ЭВМ на больших интегральных схемах (БИС) — происходил во второй половине 70-х годов и завершился приблизительно к 1980 г. Теперь на одном кристалле размером 1 см<sup>2</sup> стали размещаться сотни тысяч электронных элементов. Скорость и объем памяти возросли в десятки тысяч раз по сравнению с машинами первого поколения и составили примерно 10<sup>9</sup> оп/с и 10<sup>7</sup> слов соответственно.

Характерными особенностями машин четвертого поколения являются тесная связь аппаратной и программной реализации в структуре машины, отход от принципа минимизации аппаратуры и поручение ей функций программы, что стало возможным благодаря относительно низкой стоимости БИС.

Развитие архитектуры ЭВМ в период машин четвертого поколения привело к появлению структур, в которых вычислительный процесс может протекать по нескольким ветвям параллельно, что приводит к увеличению производительности вычислительных машин. Идея параллелизма была технически реализована в многопроцессорных системах, состоящих из двух или более взаимосвязанных процессоров, работающих с общей памятью и управляемых общей операционной системой.

В результате возросшего быстродействия ЭВМ стало возможным расширить оперативную память за счет введения виртуальной памяти, основанной на страничном обмене информацией между внешней и основной памятью.

Наиболее крупным достижением, связанным с применением БИС, стало создание микропроцессоров, а затем на их основе микроЭВМ. Если прежние поколения ЭВМ требовали для своего расположения специальных помещений, системы вентиляции, специального оборудования для электропитания, то требования, предъявляемые к

эксплуатации микроЭВМ, ничем не отличаются от условий эксплуатации бытовых электроприборов. При этом они имеют достаточно высокую производительность, экономичны в эксплуатации и дешевы. МикроЭВМ используются в измерительных комплексах, системах числового программного управления, в управляющих системах различного назначения.

1943г. Говард Эйкен создает «ASCC Mark I» - машину, считающуюся дедушкой современных компьютеров. Её вес составлял более 7 тонн и состоял из 750 000 частей. Машина применялась в военных целях – для расчёта артиллерийских таблиц.

1945г. Джон фон Нейман разработал теоретическую модель устройства компьютера – первое в мире описание компьютера, использовавшего загрузаемые извне программы. В этом же году Мочли и Эккерт создали ENIAC –самый грандиозный и мощный ламповый компьютер той эпохи. Компьютер весит более 70 тон и содержит в себе почти 18 тысяч электронных ламп. Рабочая частота компьютера не превышает 100КГц (несколько сот операций в секунду).

1956г. В Массачусетском технологическом институте создан первый компьютер на транзисторной основе. В этом же году IBM создала первый накопитель информации – прототип винчестера – жёсткий диск KAMAC 305.

1958-1959г. Д. Килби и Р. Нойс создали уникальную цепь логических элементов на поверхности кремниевого кристалла, соединённого алюминиевыми контактами – первый прототип микропроцессора, интегральную микросхему.

1960г. АТ разработали первый модем.

1963г. Дуглас Энгельбарт получил патент на изобретённый им манипулятор – «мышь».

1968г. Основание фирмы Intel Робертом Нойсем и Гордоном Мурем.

1969г. Intel представляет первую микросхему оперативной памяти объёмом 1 Кб. В этом же году фирма Херох создаёт технологию лазерного копирования изображений, которая через много лет ляжет в основу технологии печати лазерных принтеров. Первые «ксероксы».

1971г. ПО заказу японского производителя микрокалькуляторов Busicom команда разработчиков Intel под руководством Теда Хоффа создаёт первый 4-разрядный микропроцессор Intel-4004. Скорость процессора – 60 тысяч операций в секунду. В этом же году команда и исследователей лаборатории IBM в Сан-Хосе создает первый 8-дюймовый «флоппи-диск».

1972г. Новый микропроцессор от Intel – 8-разрядный Intel-8008. Херох создаёт первый микрокомпьютер Dynabook, размером чуть больше записной книжки.

1973г. В научно-исследовательском центре Херох создан прототип первого персонального компьютера. Первый герой, появившийся на экране, - Коржик, персонаж детского телесериала «Улица Сезам». В этом же году Scelbi Computer Consulting Company выпускает на рынок первый готовый персональный компьютер, укомплектованный процессором Intel-8008 и с 1 Кб оперативной памяти. В этом же году IBM представляет жёсткий диск IBM 3340. Ёмкость диска составляла 16 Кб, он содержал 30 магнитных цилиндров по 30 дорожек в каждом. Из-за этого и был назван «винчестером» (30/30” – марка знаменитой винтовки). И в этом же году Боб Мэткэлф изобретает систему связи компьютеров, получившую название Ethernet.

1974г. Новый процессор от Intel – 8-разрядный Intel-8080. Скорость 640 тысяч операций в секунду. В скором времени на рынке появляется недорогой компьютер Altair на основе этого процессора, работающий под управлением операционной системы CP/M. В этом же году первый процессор выпускает главный конкурент Intel в 70-х годах – фирма Zilog.

1975г. IBM выпускает первый лэптоп. Первой музыкальной композицией, воспроизведённой с помощью компьютера, стала мелодия песни The Beatles «Fool On The Hill».

1976г. Фирма Advanced Micro Devices (AMD) получает право на копирование инструкций и микрокода процессоров Intel. Начало «войны процессоров». В этом же году Стив Возняк и Стив Джобс собирают в собственной гаражной мастерской компьютер серии Apple. А 1 апреля того же года на свет появляется компания Apple Computer. Компьютер Apple I поступает в широкую продажу с весьма сакраментальной цифрой на ценнике – 666.66\$.

1977г. В продажу поступают массовые компьютеры Commodore и Apple II. Который снабжён оперативной памятью в 4 Кб, постоянной памятью 16 Кб, клавиатурой и дисплеем. Цена за всё удовольствие - 1300\$. Apple II обзаводится модной добавкой – дисководом флоппи-дисков.

1978г. Intel представляет новый микропроцессор – 16 разрядный Intel-8086, работающий с частотой 4,77 МГц (330 тысяч операций в секунду). Основана компания Hayes – будущий лидер в производстве модемов. Commodore выпустила на рынок первые модели матричных принтеров.

1979г. Появление процессора Intel-8088, а также первых видеоигр и компьютерных приставок для них. Японская фирма NEC выпускает первый микропроцессор в этой стране. Hayes выпускает первый модем со скоростью 300 бод, предназначенный для нового компьютера Apple.

1980г. Компьютер Atari становится самым популярным компьютером года. Seagate Technologies представляет первый винчестер для персональных компьютеров – жёсткий диск диаметров 5.25 дюймов.

1981г. Появляется компьютер Apple III. Intel представляет первый сопроцессор. Основана фирма Creative Technology (Сингапур) – создатель первой звуковой карты. Появляется в продаже первый массовый жёсткий диск ёмкостью 5 Мб и стоимостью 1700\$.

1982г. На рынке появляется новая модель от IBM – знаменитая IBM PC AT – и первые клоны IBM PC. IBM представляет процессор 16-разрядный 80286. Рабочая частота 6 МГц. (1,5 млн. операций в секунду). Hercules представляет первую чёрно-белую видеокарту – Hercules Graphics Adapter (HGA).

1983г. Commodore выпускает первый портативный компьютер с цветным дисплеем (5 цветов). Вес компьютера 10кг, цена 1600\$. IBM представляет компьютер IBM PC XT, укомплектованный 10 Мб жёстким диском, дисководом на 360 Кб и 128 (позднее 768) Кб оперативной памяти. Цена компьютера составляла 5000\$. Выпущен миллионный компьютер Apple II. Появляются первые модули памяти SIMM. Philips и Sony представляют миру технологию CD-ROM.

1984г. Apple выпускает модем на 1200 бод. Hewlett-Packard выпускает первый лазерный принтер серии LaserJet с разрешением до 300 dpi. Philips выпускает первый дисковод CD-ROM. IBM представляет первые мониторы и видеоадаптеры EGA (16 цветов, разрешение - 630x350 точек на дюйм), а также профессиональные 14-дюймовые мониторы, поддерживающие 256 цветов и разрешение в 640x480 точек.

1985г. Новый процессор от Intel – 32 разрядный 80386DX (со встроенным сопроцессором). Рабочая частота 16 МГц, скорость около 5 млн. операций в секунду. Первый модем от U.S. Robotics – Courier 2400 бод.

1986г. На компьютере Amiga демонстрируется первый анимационный ролик со звуковыми эффектами. Рождение технологии мультимедиа. Рождение стандарта SCSI (Small Computer System Interface).

1987г. Intel представляет новый вариант процессора 80386DX с рабочей частотой 20 МГц. Шведским национальным институтом контроля и измерений утверждается первый стандарт допустимых значений излучения мониторов. U.S. Robotics представляет модем Courier HST 9600

1988г. Compaq выпускает первый компьютер с оперативной памятью 640 Кб – стандартная память для всех последующих поколений DOS. Hewlett-Packard выпускает первый струйный принтер серии DeskJet. Стив Джобс и основанная им компания NexT выпускает первую рабочую станцию, оснащённую новым процессором Motorola, фантастическим для того времени объёмом памяти (8 Мб), 17-дюймовым монитором и жёстким диском на 256 Мб. Цена компьютера – 6500\$.

1989г. Creative Labs представляет Sound Blaster 1.0, 8-битную монофоническую звуковую карту. Рождение стандарта SuperVGA (разрешение 800x600 точек с поддержкой 16 тысяч цветов).

1990г. Рождение сети Интернет. Intel представляет новый процессор - 32-разрядный 80486SX. Скорость 27 миллионов операций в секунду. IBM представляет новый стандарт видеоплат – XGA – в качестве замены традиционному VGA (разрешение 1024x768 точек с поддержкой 65 тысяч цветов).

1991г. Apple представляет первый монохромный ручной сканер. AMD представляет усовершенствованные «клоны» процессоров Intel – 386DX с тактовой частотой 40 МГц и 486SX с частотой 20 МГц. Первая стерео музыкальная карта – 8-битный Sound Blaster Pro.

1992г. NEC выпускает первый привод CD-ROM с удвоенной скоростью (2x).

1993г. Intel представляет новый стандарт шины и слота для подключения дополнительных плат – PCI. Первый процессор нового поколения процессоров Intel – 32-разрядный Pentium. Рабочая частота от 60 МГц, быстродействие – от 100 млн. операций в секунду. Microsoft и Intel совместно с крупнейшими производителями ПК вырабатывают технологию Plug&Play (включи и работай), допускающую автоматическое распознавание компьютером новых устройств, а также их конфигурацию.

1994г. Iomega представляет диски и дисководы ZIP и JAZ – альтернативу существующим дискетам 1.44 Мб. US Robotics выпускает первый модем со скоростью 28800 бод.

1995г. Анонсирован стандарт новых носителей на лазерных дисках – DVD. AMD выпускает последний процессор поколения 486 – AMD 486DX-120. Intel представляет процессор Pentium Pro, предназначенный для мощных рабочих станций. Компания 3dfx выпускает набор микросхем Voodoo, который лёг в основу первых ускорителей трёхмерной графики для домашних ПК. Первые очки и шлемы «виртуальной реальности» для домашних ПК.

1996г. Рождение шины USB. Intel выпускает процессор Pentium MMX с поддержкой новых инструкций для работы с мультимедиа. Начало производства массовых жидкокристаллических мониторов для домашних ПК.

1997г. Появление процессоров Pentium II, и альтернативных процессоров AMD K6. Первые дисководы DVD. Выпуск первых звуковых плат формата PCI. Новый графический порт AGP.

1998г. Apple выпускает новый компьютер iMac, отличающийся не только своей мощностью и потрясающим дизайном. Выпуск процессоров Celeron с урезанной кэш-памятью второго уровня. «Трёхмерная революция»: на рынке появляется десяток новых моделей трёхмерных ускорителей, интегрированных в обычные видеокарты. В течение года прекращён выпуск видеокарт без 3D-ускорителей.

1999г. Выпуск новых процессоров Pentium III.

2000-2001г.г. Жёсткая конкурентная борьба между Intel и AMD, приведшая к созданию процессоров с ужасающей скоростью 1900 МГц. Это привело и к росту оперативной памяти, объёму жёстких дисков и видеокарт и т.д.

## **ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ**

Обработка информации и представление результатов обработки в удобном для человека виде производится с помощью вычислительных средств. Научно-технический прогресс привел к созданию разнообразных вычислительных средств: электронных вычислительных машин (ЭВМ), вычислительных систем (ВС), вычислительных сетей (ВСт). Они различаются структурной организацией и функциональными возможностями.

Дать определение такому явлению, как ЭВМ, представляется сложным. Достаточно сказать, что само по себе название ЭВМ, т.е. электронные вычислительные машины, не отражает полностью сущность концепции. Слово «электронные» подразумевало электронные лампы в качестве элементной базы, современные ЭВМ правильнее следовало бы называть микроэлектронными. Слово «вычислительный» подразумевает, что устройство предназначено для проведения вычислений, однако анализ программ показывает, что современные ЭВМ не более 10 — 15% времени тратят на чисто вычислительную работу — сложение, вычитание, умножение и т.д. Основное время затрачивается на выполнение операций пересылки данных, сравнения, ввода-вывода и т.д. То же самое относится и к англоязычному термину «компьютер», т.е. «вычислитель». К понятию ЭВМ можно подходить с нескольких точек зрения.

Представляется разумным определить ЭВМ с точки зрения ее функционирования. Целесообразно описать минимальный набор устройств, который входит в состав любой ЭВМ, и тем самым определить состав минимальной ЭВМ, а также сформулировать принципы работы отдельных блоков ЭВМ и принципы организации ЭВМ как системы, состоящей из взаимосвязанных функциональных блоков.

Если же рассматривать ЭВМ как ядро некоторой информационно-вычислительной системы, может оказаться полезным показать информационную модель ЭВМ — определить ее в виде совокупности блоков переработки информации и множества информационных потоков между этими блоками.

## **ПРИНЦИПЫ ФОН-НЕЙМАНА**

Большинство современных ЭВМ строится на базе принципов, сформулированных американским ученым, одним из «отцов» кибернетики *Дж. фон Нейманом* (одношинная, или *принстонская*). Впервые эти принципы были опубликованы фон Нейманом в 1945 г. в его предложениях по машине EDVAC. Эта ЭВМ была одной из первых машин с хранимой программой, т.е. с программой, запомненной в памяти машины, а не считываемой с перфокарты или другого подобного устройства. В целом эти принципы сводятся к следующему:

- 1) Основными блоками фон-неймановской машины являются блок управления, арифметико-логическое устройство, память и устройство ввода-вывода (рис.1).

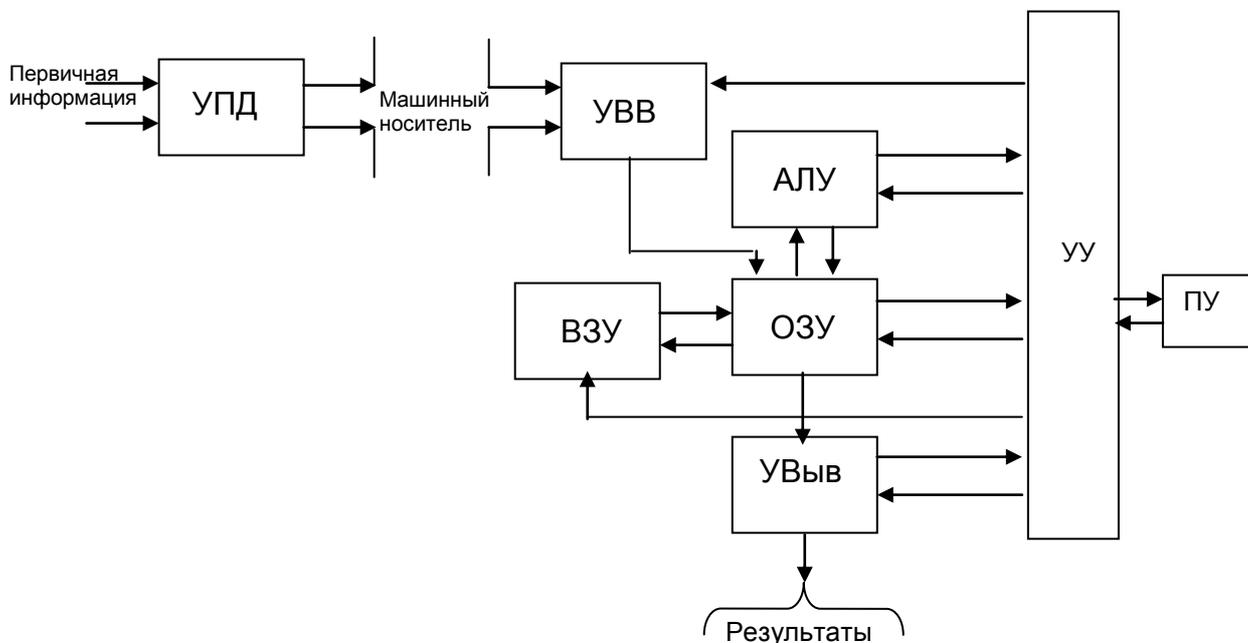


Рисунок 1. Структурная схема вычислительной машины Фон Неймана:

УПД - устройство подготовки данных; УВВ – устройство ввода-вывода информации; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство; ВЗУ – внешнее запоминающее устройство; АЛУ – арифметико – логическое устройство; УУ – устройство управления; ПУ – пульт управления; УВыв – устройство вывода информации.

2) Информация кодируется в двоичной форме и разделяется на единицы, называемые словами.

3) Алгоритм представляется в форме последовательности управляющих слов, которые определяют смысл операции. Эти управляющие слова называются командами. Совокупность команд, представляющая алгоритм, называется программой.

4) Программы и данные хранятся в одной и той же памяти. Разнотипные слова различаются по способу использования, но не по способу кодирования.

5) Устройство управления и арифметическое устройство обычно объединяются в одно, называемое центральным процессором. Они определяют действия, подлежащие выполнению, путем считывания команд из оперативной памяти. Обработка информации, предписанная алгоритмом, сводится к последовательному выполнению команд в порядке, однозначно определяемом программой.

Принципы фон-Неймана практически можно реализовать множеством различных способов. Здесь приведем два из них: ЭВМ с шинной и канальной организацией. Перед тем как описать принципы функционирования ЭВМ, введем несколько определений.

**Архитектура ЭВМ** — абстрактное определение машины в терминах основных функциональных модулей, языка, структур данных. Архитектура не определяет особенности реализации аппаратной части ЭВМ, времени выполнения команд, степени параллелизма, ширины шин и других аналогичных характеристик. Архитектура отображает аспекты структуры ЭВМ, которые являются видимыми для пользователя: систему команд, режимы адресации, форматы данных, набор программно-доступных регистров. Одним словом, термин «архитектура» используется для описания возможностей, предоставляемых ЭВМ. Весьма часто употребляется термин *конфигурация ЭВМ*, под которым понимается компоновка вычислительного устройства с четким определением характера, количества,

взаимосвязей и основных характеристик его функциональных элементов. Термин «*организация ЭВМ*» определяет, как реализованы возможности ЭВМ.

*Команда* — совокупность сведений, необходимых процессору для выполнения определенного действия при выполнении программы. Команда состоит из *кода операции*, содержащего указание на операцию, которую необходимо выполнить, и нескольких *адресных полей*, содержащих указание на места расположения операндов команды. Способ вычисления адреса по информации, содержащейся в адресном поле команды, называется *режимом адресации*. Множество команд, реализованных в данной ЭВМ образует ее *систему команд*.

*Центральный процессор* (АЛУ с блоком управления) реализуется микропроцессором реализуется микропроцессором семейства x86 – от 8086/88 до Pentium 4 и Athlon. В центральном процессоре используются наборы и принципы последовательной передачи управления. Набор арифметических, логических и прочих инструкций насчитывает несколько сотен, а для потоковой обработки применен принцип SIMD – множество комплектов данных, обрабатываемых одной инструкцией (расширения MMX, 3Dnow!, SSE). Процессор имеет набор регистров, часть которых доступна для хранения операндов, выполнения действий над ними и формирования адреса инструкций и операндов в памяти. Другая часть регистров используется процессором для служебных (системных) целей, доступ к ним может быть ограничен (есть даже программно-невидимые регистры). Все компоненты компьютера представляются для процессора в виде наборов *ячеек памяти* или (и) *портов ввода-вывода*, в которые процессор может производить запись или (и) считывание содержимого.

*Память* распределилась по многим компонентам. *Оперативная память* (ОЗУ) – самый большой массив ячеек памяти со смежными адресами – реализуется, как правило, на модулях (микросхемах) динамической памяти. Для повышения производительности обмена данными (включая и считывание команд) оперативная память кэшируется сверхоперативной памятью. Первый, а зачастую и второй уровень кэширования территориально располагается в микропроцессоре. Оперативная память вместе с кэшем всех уровней (в настоящее время до трех) представляет собой единый массив памяти, непосредственно доступный процессору для записи и чтения данных, а также считывания программного кода. Кроме оперативной память включает также постоянную (ПЗУ), из которой можно только считывать команды и данные, и некоторые виды специальной памяти (например, видеопамять графического адаптера). Вся эта память вместе с оперативной располагается в едином пространстве с линейной адресацией. В любом компьютере обязательно есть постоянная память, в которой хранится программа начального запуска компьютера и минимально необходимый набор сервисов (ROM BIOS). Память дополняется *устройствами хранения данных*, например, дисковыми. Эти устройства предназначены для записи данных с целью последующего считывания (возможно, и на другом компьютере). От рассмотренной выше памяти, называемой также внутренней, устройства хранения отличаются тем, что процессор не имеет непосредственного доступа к данным по линейному адресу. Доступ к данным на устройствах хранения выполняется с помощью специальных программ, обращающихся к контроллерам этих устройств.

Устройства ввода-вывода (УВВ) служат для преобразования информации из внутреннего представления в компьютере (биты, байты) в форму, доступную окружающим, и обратно. Под окружающими следует понимать как людей, так и другие машины (например, технологическое оборудование, которым управляет компьютер). К традиционным устройствам ввода относятся клавиатура, мышь, джойстик, к устройствам вывода – дисплей, принтер. Устройства хранения к УВВ

относить некорректно, поскольку здесь преобразования информации ради доступности внешнему миру не происходит – что сохранил (неважно на каком носителе), то и прочитал.

Существует еще большой класс *коммуникационных устройств*, предназначенных для передачи информации между компьютерами и (или) их частями. Эти устройства обеспечивают, например, соединение компьютеров в локальной сети или подключение терминала (УВВ) к компьютеру через пару модемов.

Процессор, память и устройства ввода-вывода взаимодействуют между собой с помощью шин и интерфейсов, аппаратных и программных; стандартизация интерфейсов делает архитектуру компьютеров открытой.

Данный тип **архитектуры** микропроцессорных систем — архитектура с общей, единой шиной для данных и команд (одношинная, или *принстонская*, *фон-неймановская* архитектура). Соответственно, в составе системы в этом случае присутствует одна общая память, как для данных, так и для команд (рис.2).



Рисунок 2. Архитектура с общей шиной данных и команд

### Контрольные вопросы.

1. Расскажите краткую историю развития компьютеров.
2. Как формулируются принципы Фон Неймана?
3. Что понимается под «архитектурой ЭВМ»?
4. Что означает термин «организация ЭВМ»?
5. Расскажите о принстонской структуре ЭВМ?

## ГЛАВА 2. ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭВМ С ШИННОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

- Функциональные блоки ЭВМ
- Периферийные устройства ЭВМ
- Структура шин
- Цикл центрального процессора

Компьютер работает в двоичной системе счисления – минимальным информационным элементом является *бит*, который может принимать значение 0 или 1. Этим значениям соответствуют различные физические состояния ячейки, чаще всего – уровень напряжения (низкий или высокий). Биты организуются в более крупные образования – ячейки памяти и регистры. Каждая ячейка памяти (регистр) имеет свой адрес, однозначно ее идентифицирующий в определенной системе координат. Минимальной адресуемой (пересылаемой между компонентами компьютера) единицей информации является байт, состоящий как правило, из 8 бит.

*Ячейки памяти* служат для хранения информации – сначала ее записывают в ячейку, а потом могут прочитать, а также записать иную информацию. Порты ввода-вывода, как правило служат для преобразования двоичной информации в какие-либо физические сигналы и обратно. Например, порт данных параллельного интерфейса формирует электрические сигналы на разъеме, к которому обычно подключают принтер. Порт состояния того же интерфейса электрические сигналы, поступающие от принтера, отображают в виде набора бит, который может быть считан процессором. *Регистр* - довольно широкое понятие, которое зачастую используется как синоним порта.

Каждый байт (ячейка памяти, порт) имеет собственный уникальный физический адрес. Этот адрес устанавливается на системной шине процессором, когда он инициирует обращение к данной ячейке или порту. В семействе x86 и PC-совместимых компьютерах пространства адресов ячеек памяти и портов ввода-вывода разделены. Это предусмотрено с обеих сторон: процессоры позволяют, а компьютеры используют данное разделение.

Но существует также и альтернативный тип архитектуры микропроцессорной системы — это архитектура с отдельными шинами данных и команд (двухшинная, или *гарвардская*, архитектура). Эта архитектура предполагает наличие в системе отдельной памяти для данных и отдельной памяти для команд (рис.3). Обмен процессора с каждым из двух типов памяти происходит по своей шине.

Архитектура с общей шиной распространена гораздо больше, она применяется, например, в персональных компьютерах и в сложных микрокомпьютерах. Архитектура с отдельными шинами применяется в основном в однокристалльных микроконтроллерах.

Рассмотрим некоторые достоинства и недостатки обоих архитектурных решений.

Архитектура с общей шиной (принстонская, фон-неймановская) проще, она не требует от процессора одновременного обслуживания двух шин, контроля обмена по двум шинам сразу. Наличие единой памяти данных и команд позволяет гибко распределять ее объем между кодами данных и команд. Например, в некоторых случаях нужна большая и сложная программа, а данных в памяти надо хранить не слишком много. В других случаях, наоборот, программа требуется простая, но необходимы большие объемы хранимых данных. Перераспределение памяти не вызывает никаких проблем, главное — чтобы программа и данные вместе помещались в памяти системы. Как правило, в системах с такой архитектурой память бывает довольно большого объема (до десятков и сотен мегабайт). Это позволяет решать самые сложные задачи.

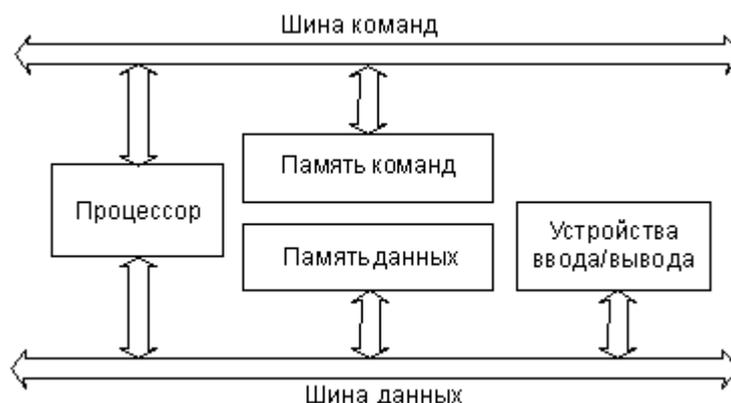


Рисунок 3. Архитектура с отдельными шинами данных и команд

Архитектура с отдельными шинами данных и команд сложнее, она заставляет процессор работать одновременно с двумя потоками кодов, обслуживать обмен по двум шинам одновременно. Программа может размещаться только в памяти команд, данные — только в памяти данных. Такая узкая специализация ограничивает круг задач, решаемых системой, так как не дает возможности гибкого перераспределения памяти. Память данных и память команд в этом случае имеют не слишком большой объем, поэтому применение систем с данной архитектурой ограничивается обычно не слишком сложными задачами.

В чем же преимущество архитектуры с двумя шинами (гарвардской)? В первую очередь, в быстродействии.

Дело в том, что при единственной шине команд и данных процессор вынужден по одной этой шине принимать данные (из памяти или устройства ввода/вывода) и передавать данные (в память или в устройство ввода/вывода), а также читать команды из памяти. Естественно, одновременно эти пересылки кодов по магистрали происходить не могут, они должны производиться по очереди. Современные процессоры способны совместить во времени выполнение команд и проведение циклов обмена по системной шине. Использование конвейерных технологий и быстрой кэш-памяти позволяет им ускорить процесс взаимодействия со сравнительно медленной системной памятью. Повышение тактовой частоты и совершенствование структуры процессоров дают возможность сократить время выполнения команд. Но дальнейшее увеличение быстродействия системы возможно только при совмещении пересылки данных и чтения команд, то есть при переходе к архитектуре с двумя шинами.

В случае двухшинной архитектуры обмен по обеим шинам может быть независимым, параллельным во времени. Соответственно, структуры шин (количество разрядов кода адреса и кода данных, порядок и скорость обмена информацией и т.д.) могут быть выбраны оптимально для той задачи, которая решается каждой шиной. Поэтому при прочих равных условиях переход на двухшинную архитектуру ускоряет работу микропроцессорной системы, хотя и требует дополнительных затрат на аппаратуру, усложнения структуры процессора. Память данных в этом случае имеет свое распределение адресов, а память команд — свое.

Проще всего преимущества двухшинной архитектуры реализуются внутри одной микросхемы. В этом случае можно также существенно уменьшить влияние недостатков этой архитектуры. Поэтому основное ее применение — в микроконтроллерах, от которых не требуется решения слишком сложных задач, но зато необходимо максимальное быстродействие при заданной тактовой частоте.

## ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ БЛОКИ ЭВМ

Шинная (одношинная, или *принстонская*, *фон-неймановскую* архитектура) организация является простейшей формой организации ЭВМ. В соответствии с приведенными выше принципами фон-Неймана подобная ЭВМ имеет в своем составе следующие функциональные блоки (рис.4). *Центральный процессор (ЦП)* — функциональная часть ЭВМ, выполняющая основные операции по обработке данных и управлению работой других блоков. Это наиболее сложный компонент ЭВМ как с точки зрения электроники, так и с точки зрения функциональных возможностей. Центральный процессор состоит из следующих взаимосвязанных составных элементов: арифметико-логического устройства, устройства управления и регистров.

*Арифметико-логическое устройство (АЛУ)* выполняет основную работу по переработке информации, хранимой в оперативной памяти. В нем выполняются арифметические и логические операции. Кроме того, АЛУ вырабатывает управляющие сигналы, позволяющие ЭВМ автоматически выбирать путь вычислительного процесса в зависимости от получаемых результатов. Операции выполняются с помощью электронных схем, каждая из которых состоит из нескольких тысяч элементов. Микросхемы имеют высокую плотность и быстродействие. На современном технологическом уровне все АЛУ можно разместить на одном кристалле полупроводникового элемента размером с конторскую скрепку. Арифметико-логическое устройство формирует по двум входным переменным одну — выходную, выполняя заданную функцию (сложение, вычитание, сдвиг и т.д.). Выполняемая функция определяется микрокомандой, получаемой от устройства управления. АЛУ содержит в своем составе устройство, хранящее характеристику результата выполнения операции над данными и называемое *флаговым регистром*. Отметим пока, что отдельные разряды этого регистра указывают на равенство результата операции нулю, знак результата операции (+ или -), правильность выполнения операции (наличие переноса за пределы разрядной сетки или переполнения). Программный анализ флагов позволяет производить операции ветвления программы в зависимости от конкретных значений данных.

Кроме того, в АЛУ имеется набор программно-доступных быстродействующих ячеек памяти, которые называются *регистрами процессора*.

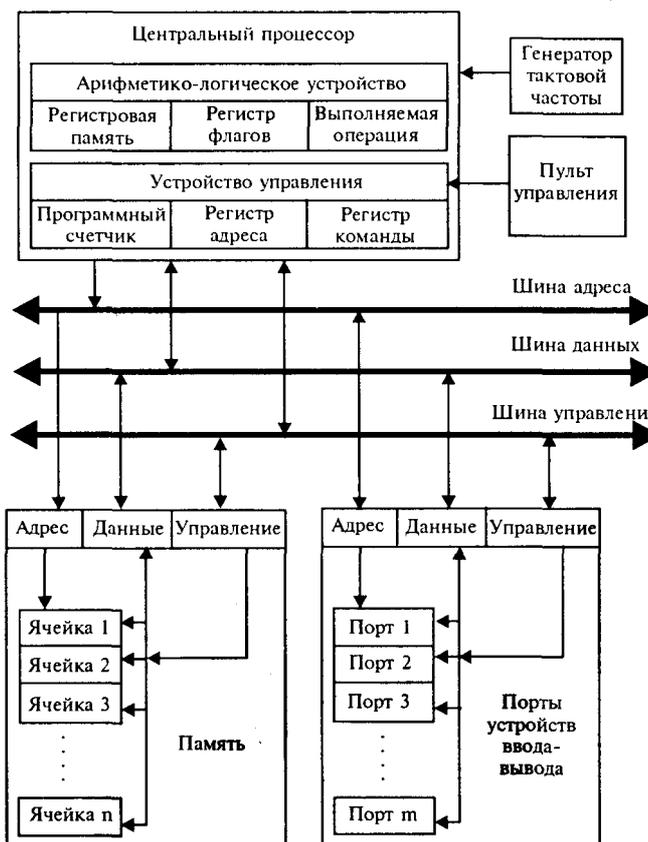


Рисунок 4. Упрощенная схема ЭВМ с шинной организацией

Регистры составляют основу архитектуры процессора. Среди обязательного набора регистров можно отметить следующее. *Регистр данных* — служит для временного хранения промежуточных результатов при выполнении операций. *Регистр аккумулятор* — регистр временного хранения, который используется в процессе вычислений (например, в нем формируется результат выполнения команды умножения). *Регистр указатель стека* — используется при операциях со стеком, т.е. такой структурой данных, которая работает по принципу: последним вошел — первым вышел, т.е. последнее записанное в него значение извлекается из него первым. Пока отметим только, что стеки используются для организации подпрограмм. *Индексные, указательные и базовые регистры* используются для хранения и вычисления адресов операндов в памяти. Регистры-счетчики используются для организации циклических участков в программах. *Регистры общего назначения*, имеющиеся во многих ЭВМ, могут использоваться для любых целей. Точное назначение такого регистра определяет программист при написании программы. Они могут использоваться для временного хранения данных, в качестве аккумуляторов, а также в качестве индексных, базовых, указательных регистров. Количество регистров и связей между ними оказывает существенное влияние на сложность и стоимость процессора. Однако, с другой стороны, наличие большого количества регистров с богатым набором возможностей упрощает

программирование и повышает гибкость программного обеспечения. Кроме перечисленных регистров в состав АЛУ могут входить *внутренние системные регистры*, не доступные программно и используемые во время внутренних пересылок информации при выполнении команд.

*Устройство управления (УУ)* — часть центрального процессора. Оно вырабатывает распределенную во времени и пространстве последовательность внутренних и внешних управляющих сигналов, обеспечивающих выборку и выполнение команд. На этапе цикла выборки команды УУ интерпретирует команду, выбранную из программной памяти. На этапе выполнения команды в соответствии с типом реализуемой операции УУ формирует требуемый набор команд низкого уровня для арифметико-логического устройства и других устройств. Эти команды задают последовательность простейших низкоуровневых операций, таких, как пересылка данных, сдвиг данных, установка и анализ признаков, запоминание результатов и др. Такие элементарные низкоуровневые операции называют *микрооперациями*, а команды, формируемые устройством управления, называются *микрокомандами*. Последовательность микрокоманд, соответствующая одной команде, называется *микропрограммой*.

В простейшем случае УУ имеет в своем составе три устройства — *регистр команды*, который содержит код команды во время ее выполнения, *программный счетчик*, в котором содержится адрес очередной подлежащей выполнению команды, *регистр адреса*, в котором вычисляются адреса операндов, находящихся в памяти. Для связи пользователя с ЭВМ предусмотрен *пульт управления*, который позволяет выполнять такие действия, как сброс ЭВМ в начальное состояние, про- смотр регистра или ячейки памяти, запись адреса в программный счетчик, пошаговое выполнение программы при ее отладке и т.д.

*Память (ЛАМ)* — устройство, предназначенное для запоминания, хранения и выборки программ и данных. Память состоит из конечного числа ячеек, каждая из которых имеет свой уникальный номер или адрес. Доступ к ячейке осуществляется указанием ее адреса. Память способна выполнять два вида операций над данными — чтение с сохранением содержимого и запись нового значения со стиранием предыдущего. Как уже говорилось выше, каждая ячейка памяти может использоваться для хранения либо порции данных, либо команды. В большинстве современных ЭВМ минимально адресуемым элементом памяти является *байт* — поле из 8 бит. Совокупность битов, которые арифметико-логическое устройство может одновременно поместить в регистр или обработать, называют обычно *машинным словом*.

*Оперативная память (ОП)* — функциональный блок, хранящий информацию для УУ (команды) и АЛУ (данные). Задачи, решаемые с помощью ЭВМ, требуют хранения в памяти различного количества информации, зависящего от сложности реализуемого алгоритма, количества исходных данных и т.п. Поэтому память должна вмещать достаточно большое количество информации, т.е. должна иметь большую емкость. С другой стороны, память должна обладать достаточным быстродействием, соответствующим быстродействию других устройств ЭВМ. Чем больше емкость памяти, тем медленнее к ней доступ, так как время доступа (т.е.

быстродействие) определяется временем, необходимым для выборки из памяти или записи в нее информации. Поэтому в ЭВМ существует несколько запоминающих устройств, различающихся емкостью и быстродействием (табл1):

Таблица 1

Устройства	Время доступа, с	Емкость, бит
Регистры	(2—20)-КГ"	10'—10"
Оперативная	(0,2—20) 10 <sup>-6</sup>	10'—10 <sup>8</sup>
Внешняя память	10—100	10" <sup>—</sup> 10 <sup>12</sup>

Оперативная память собирается на ферритовых сердечниках или полупроводниковых микросхемах и состоит из отдельных ячеек.

*Периферийные устройства (ПУ).* В их число входят устройства двух типов: устройства внешней памяти, предназначенные для долговременного хранения данных большого объема и программ, и коммуникационные устройства, предназначенные для связи ЭВМ с внешним миром (с пользователем, другими ЭВМ и т.д.). Обмен данными с внешним устройством осуществляется через *порты ввода-вывода*. Порт (в переводе с англ. port — ворота, дверь, отверстие) — это абстрактное понятие, на самом деле несуществующее. По аналогии с ячейками памяти порты можно рассматривать как ячейки, через которые можно записать в ПУ, или, наоборот — прочитать из него. Так же как и ячейки памяти, порты имеют уникальные номера — адреса портов ввода-вывода.

*Система шин.* Объединение функциональных блоков в ЭВМ осуществляется посредством следующей системы шин: *шины данных*, по которой осуществляется обмен информацией между блоками ЭВМ, *шины адреса*, используемой для передачи адресов (номеров ячеек памяти или портов ввода-вывода, к которым производится обращение), и *шины управления* для передачи управляющих сигналов. Совокупность этих трех шин называют *системной шиной, системной магистралью или системным интерфейсом*. Состав и назначение шин и правило их использования, виды передаваемых по шине сигналов и другие характеристики шины могут существенно различаться у разных видов ЭВМ. Однако есть принципиально общие закономерности в организации шин. Шина состоит из отдельных проводников (*линий*). Сигналы по линиям шины могут передаваться либо импульсами (наличие импульса соответствует логической 1, а отсутствие импульса — 0), либо уровнем напряжения (например, высокий уровень — логическая 1, низкий — 0). *Шириной шины* называется количество линий (проводников), входящих в состав шины. Ширина шины адреса определяет размер адресного пространства ЭВМ. Если, например, количество линий адреса, используемых для адресации памяти, равно 20, то общее количество адресуемых ячеек памяти составит 2<sup>20</sup>, т.е. примерно, один миллион ячеек (точнее, 1 048 576ячеек).

Обычно на шине в любой момент можно выделить два активных устройства. Одно из них называется *здатчиком* и инициирует операцию обмена данными (формирует адреса и управляющие сигналы), другое называется *исполнителем* и выполняет операцию (дешифрирует адреса и управляющие сигналы и принимает или передает данные). В большинстве случаев задатчиком является ЦП. Память всегда выступает только в качестве исполнителя.

Из управляющих линий выделим следующие.

*Линии занятости.* Если она в состоянии «шина свободна», любой задатчик, включая процесс, может начать операцию обмена данными на шине, иначе задатчику придется ожидать, пока шина не освободится.

*Линии выполняемой операции.* Указывают, какая именно операция будет выполняться. Как минимум необходим следующий набор операций: чтение (задатчик принимает данные от исполнителя), запись (задатчик передает данные исполнителю).

*Линии синхронизации.* Синхронизация задатчиков и исполнителей может осуществляться по-разному, один из распространенных способов состоит в следующем. Задатчик в процессе операции обмена выставляет на шине сигнал синхронизации задатчика. Сигнал распространяется по шине и через некоторое время достигает исполнителя. Получив сигнал от задатчика, исполнитель выполняет операцию обмена (передает или принимает данные) и выставляет на шине ответный сигнал синхронизации исполнителя, который также начинает распространяться по шине. Получив ответ от исполнителя, задатчик освобождает шину. Операция считывания ячейки памяти выполняется следующим образом. Процессор переводит шину в состояние *занято*, на адресную шину помещает адрес требуемой ячейки памяти, устанавливает на шине управления сигнал *чтение*, выдает сигнал синхронизации задатчика. Память принимает адрес, дешифрирует его, находит нужную ячейку и помещает ее содержимое на шину данных. Далее память выдает сигнал синхронизации исполнителя. Получив ответ от памяти, процессор считывает данные с шины, снимает свои управляющие сигналы и освобождает шину.

При операции *запись в память* процессору необходимо выполнить следующие действия. Шина переводится в состояние *занято*, адрес требуемой ячейки памяти помещается на шину адреса. Данные, которые необходимо записать в память, помещаются на шину данных. На шине управления устанавливается сигнал *запись*, выдается сигнал синхронизации задатчика. Память принимает адрес, дешифрирует его, помещает в соответствующую ячейку данные с шины и выдает сигнал синхронизации исполнителя. Получив ответ от памяти, процессор снимает управляющие сигналы и освобождает шину. Такой способ обмена данными называется *асинхронным ответом*, а сама операция запроса — подтверждения носит название *квитирования* (рис.5) или рукопожатия (handshake) и широко применяется при построении системы шин различного назначения в разных АРМ.



Рисунок 5. Временная диаграмма процесса квитирования

Функционирование ЭВМ с шинной структурой можно описать следующим обобщенным алгоритмом (рис.6).

1. Инициализация. После включения ЭВМ или операции сброса в регистры центрального процессора заносятся некоторые начальные значения. Обычно в процессе инициализации в память ЭВМ помещается программа, называемая первичным загрузчиком. Основное назначение первичного загрузчика — загрузить в память с устройства внешней памяти операционную систему. Эта программа может быть размещена в энергонезависимом устройстве памяти или автоматически считываться с некоторого устройства внешней памяти. Мы не будем здесь подробно останавливаться на механизмах загрузки операционной системы, тем более что они могут существенно различаться для разных типов ЭВМ. Пока будем полагать, что в памяти некоторым образом оказалась первая из подлежащих выполнению программ. Программному счетчику присваивается начальное значение, равное адресу первой команды программы, указанной выше.
2. Центральный процессор производит операцию считывания команды из памяти. В качестве адреса ячейки памяти используется содержимое программного счетчика.
3. Содержимое считанной ячейки памяти интерпретируется процессором как команда и помещается в регистр команды. Устройство управления приступает к интерпретации прочитанной команды. По полю кода операции из первого слова команды устройство управления определяет ее длину и, если это необходимо, организует дополнительные операции считывания, пока вся команда полностью не будет прочитана процессором. Вычисленная длина команды прибавляется к исходному содержимому программного счетчика, и когда команда полностью прочитана, программный счетчик будет хранить адрес следующей команды.
4. По адресным полям команды устройство управления определяет, имеет ли команда операнды в памяти. Если это так, то на основе указанных в адресных полях режимов адресации вычисляются адреса операндов и производятся операции чтения памяти для считывания операндов.
5. Устройство управления и арифметико-логическое устройство выполняют операцию, указанную в поле кода операции команды. Во флаговом регистре процессора запоминаются признаки результата операции (равно нулю или нет, знак результата, наличие переполнения и т.д.).
6. Если это необходимо, устройство управления выполняет операцию записи для того, чтобы поместить результат выполнения команды в память.
7. Если последняя команда не была командой ОСТАНОВИТЬ ПРОЦЕССОР, то описанная последовательность действий повторяется, начиная с шага 1. Описанная последовательность действий центрального процессора с шага 1 до шага 6 называется *циклом процессора*.

Большинство мини- и микроЭВМ имеют шинную организацию и их поведение описывается приведенным выше алгоритмом. В различных конкретных ЭВМ реализация этого алгоритма может несколько отличаться. Так, например, по-разному может осуществляться синхронизация задатчиков и исполнителей, процессор может считывать из памяти не одну команду, а сразу несколько и хранить их в специальной очереди команд. Часто используемые программой команды и данные могут храниться не в основной памяти ЭВМ, а в быстродействующей буферной памяти и т.д. Таким образом, функционирование любой фон-неймановской ЭВМ описывается алгоритмом, близким к приведенному выше, и представляет собой последовательность достаточно простых действий.

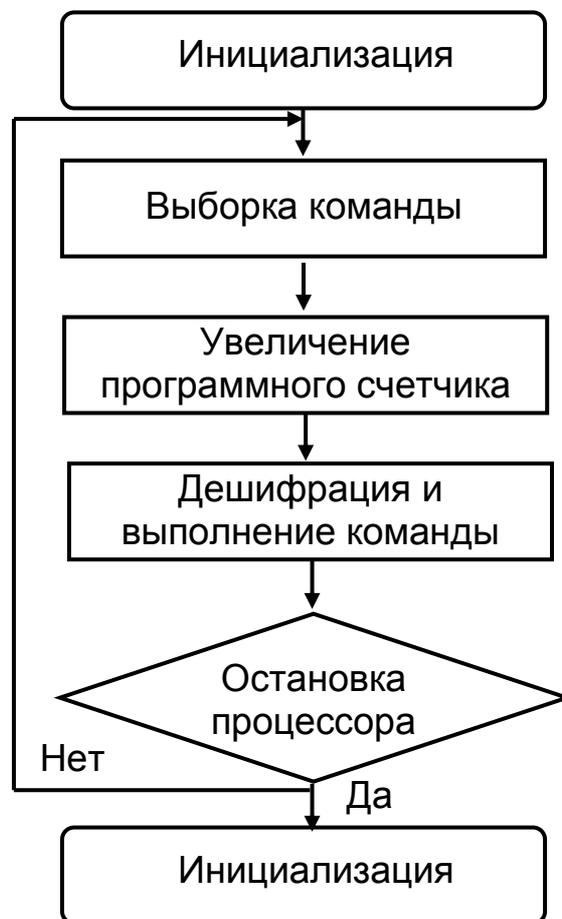


Рисунок 6. Обобщенный алгоритм функционирования фон-Неймановской ЭВМ

#### Контрольные вопросы.

1. Какие функциональные блоки ЭВМ вы знаете?
2. Что относится к периферийным устройствам?
3. Из каких шагов состоит цикл процессора?
4. В чем особенности функционирования Фон-неймановской машины?

### ГЛАВА 3. ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭВМ С КАНАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

- Понятие канала
- Особенности работы канальных машин
- Канальные команды
- Сопоставление двух типов организации ЭВМ

#### ПОНЯТИЕ КАНАЛА

В основе этого типа организации ЭВМ лежит множественность каналов связи между устройствами и функциональная специализация узлов. Упрощенная схема организации ЭВМ с каналами приведена ниже (рис.7). Сравним схему ЭВМ с каналами и описанную выше схему ЭВМ с шинной организацией.

Все фон-неймановские ЭВМ очень похожи друг на друга и алгоритм функционирования центрального процессора по сути ничем не отличается от описанного выше.

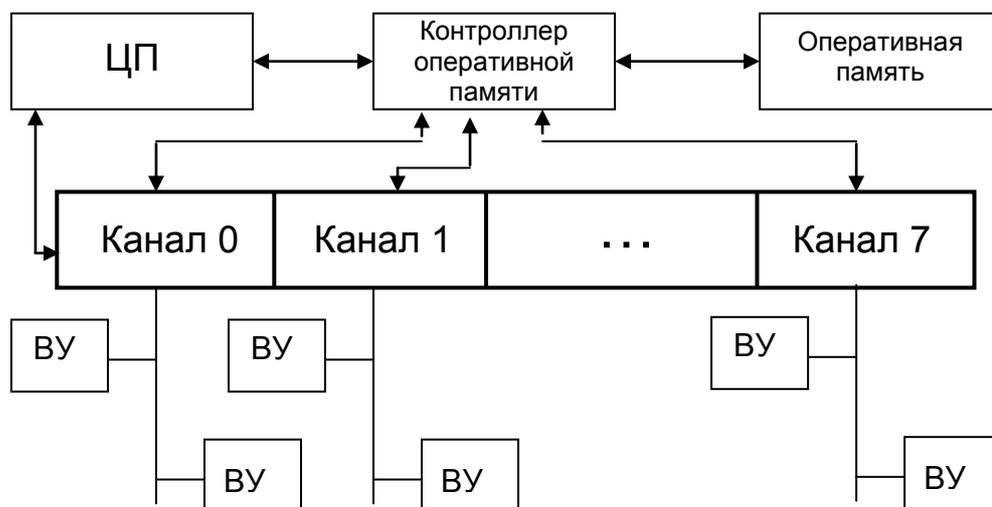


Рисунок 7. Упрощенная схема ЭВМ с канальной организацией:  
ЦП— центральный процессор; ВУ— внешние устройства

Помимо уже знакомого набора устройств (центральный процессор, память, устройства ввода-вывода) в состав ЭВМ с канальной организацией входят устройства, называемые каналами. *Канал* — это специализированный процессор, осуществляющий всю работу по управлению контроллерами внешних устройств и обмену данными между основной памятью и внешними устройствами. Устройства группируются по характерной скорости и подключаются к соответствующим каналам. «Быстрые» устройства (например, накопители на магнитных дисках) подсоединяются к селекторным каналам. Такое устройство получает селекторный канал в монопольное использование на все время выполнения операции обмена данными. «Медленные» устройства подключаются к мультиплексным каналам. Мультиплексный канал разделяется (мультиплексируется) между несколькими

устройствам, при этом возможен одновременный обмен данными с несколькими устройствами. Доступ к оперативной памяти может получить и центральный процессор, и один из каналов. Для управления очередностью доступа имеется контроллер оперативной памяти. Он определяет приоритетную дисциплину доступа при одновременном обращении нескольких устройств к памяти. Наименьший приоритет имеет центральный процессор. Среди каналов больший приоритет имеют медленные каналы. Таким образом, приоритет обратно пропорционален частоте обращения устройств к памяти.

За счет существенного усложнения организации ЭВМ упрощается архитектура ввода-вывода. Связь между отдельными узлами осуществляется по схеме, напоминающей треугольник (рис.7). Операции обмена данными становятся более простыми. Канал, по сути, представляет собой специализированный «интеллектуальный» контроллер прямого доступа к памяти. Для ускорения обмена данными реализованы несколько трактов обмена данными (процессор — основная память и каналы — основная память). О своем состоянии канал может информировать процессор с помощью прерываний. Все контроллеры внешних устройств подключаются к «своим» каналам с помощью стандартного интерфейса. Свобода подключения внешних устройств сохраняется благодаря стандартному протоколу интерфейса, при этом появляется возможность группировать устройства по характеристикам.

Результатом введения каналов (специализированных процессоров ввода-вывода) является большая стандартизация и упрощение процессов обмена. С другой стороны, вводятся некоторые ограничения. Например, сохраняется только одна схема, напоминающая схему прямого доступа, с обменом информации между процессором и каналом по прерываниям.

Канал, являясь хотя и специализированным, но все-таки процессором, выполняет свою *канальную программу*. Она состоит из канальных команд и хранится в оперативной памяти. Длина канальной программы произвольна, последняя команда канальной программы содержит признак конца. Подготовку канальной программы и загрузку ее в оперативную память осуществляет операционная система. После того как канальная программа подготовлена, адрес ее начала размещается в фиксированной ячейке памяти, называемой *словом адреса канала CAW* (Chanel Adress Word).

Для управления каналами процессор имеет всего несколько команд. Операция обмена данными инициируется центральным процессором с помощью команды НАЧАТЬ ВВОД — ВЫВОД — SIO M,N (Start Input — Output). Операциями команды являются M — номер канала и N — номер устройства в канале. Выдав команду запуска обмена, процессор, не обращая внимания на обменный процесс, продолжает выполнять свою программу. Центральный процессор может проверить состояние канала с помощью команды ОПРОСИТЬ ВВОД — ВЫВОД — TIO (Test Input — Output).

Команда SIO M,N передается во все каналы, но воспринимает ее только канал M. Если канал занят, то он устанавливает соответствующее состояние своих регистров, и процессор по команде TIO может выяснить, что запуск канальной программы не состоялся. Если канал свободен, он выполняет следующие действия. Во-первых, выбирает из оперативной памяти CAW в свой регистр, во-вторых, передает подключенным к нему устройствам команду SIO. Команда запуска ввода-вывода SIO M,N передается всем устройствам, но воспринимает ее только устройство N. Если устройство занято или не готово, в регистрах канала устанавливается соответствующее состояние и процессор по команде TIO может узнать о том, что операция обмена данными не состоялась. Если же устройство

свободно и готово к обмену данными, оно устанавливает в интерфейсе сигнал ожидания. Вся дальнейшая обменная операция протекает по инициативе внешнего устройства. Получив сигнал ожидания, канал выбирает по адресу CAW адрес канальной команды и передает ее в контроллер внешнего устройства, где она выполняется.

Канальные команды могут быть подготовительными или командами обмена данными. Подготовительные команды устанавливают режимы работы внешних устройств, осуществляют операции поиска и т.д.

Обменные команды содержат коды операций и адреса оперативной памяти. Обмен происходит по асинхронной схеме по инициативе внешнего устройства. Данные извлекаются из памяти и помещаются в нее напрямую, без посредников.

После выполнения команды канал проверяет в выполненной команде признак конца. Если это не последняя команда, меняется адрес CAW и выбирается следующая команда. Если команда последняя, канал «привлекает к себе внимание» процессора с помощью сигнала прерывания. По сигналу прерывания запускается обработчик, являющийся частью операционной системы. Обработчик прерывания выполняет операции, завершающие обмен.

Канал может сгенерировать сигнал прерывания до окончания канальной программы при возникновении исключительной ситуации. В этом случае операционная система запрашивает состояние регистров канала и выясняет, что именно произошло, и определяет, какие действия необходимо предпринять в возникшей ситуации.

Отметим некоторые особенности канальных машин. Несколько подряд идущих канальных команд могут образовывать цепочку данных. В этом случае имеется одна команда обмена, например чтения физической записи из нескольких адресов оперативной памяти со счетчиков. Одна физическая запись распределяется в несколько адресов оперативной памяти.

В ЭВМ с канальной организацией процессор практически полностью освобождается от рутинной работы по организации ввода-вывода. Управление контроллерами внешних устройств и обмен данными берет на себя канал. Наличие нескольких трактов передачи данных снимает трудности, связанные с блокировкой единственного тракта передачи данных (системной шины), что повышает скорость обмена. Все это дает возможность производить обмен данными с внешними устройствами параллельно с основной вычислительной работой центрального процессора. В результате общая производительность системы существенно возрастает. Удорожание схемы окупается.

Одной из первых машин с каналами была ЭВМ второго поколения IBM-704. Ярким примером ЭВМ с каналами являются машины семейства IBM-360/370. Появление этих ЭВМ произвело переворот в вычислительной технике, и на долгие годы они стали образцом для подражания у создателей ЭВМ. Хотя в настоящее время эти машины ушли в прошлое, они оставили богатое наследие в виде интересных архитектурных решений, программных и алгоритмических разработок. В настоящее время схемы со специализированными процессорами ввода-вывода часто встречаются в ЭВМ различных типов. Несомненно, идея схемы с каналами не умерла, и к ней еще неоднократно будут возвращаться.

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие функции выполняют каналы?
2. Расскажите особенности работы канальных машин?
3. Какие канальные команды знаете?
4. Перечислите преимущества и недостатки канальных машин.

## ГЛАВА 4. ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭВМ

- Информационная модель ЭВМ
- Основные команды ЭВМ
- Классификация команд

### ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ЭВМ

Обработка чисел, символьной информации, логическая обработка, обработка сигналов — это все частные случаи общего понятия под названием «*обработка информации*». Для ЭВМ характерен признак: информация представляется с помощью двоичных целых чисел. Существует три этапа обработки информации:

- хранение двоичной информации;
- передача от одного хранилища к другому;
- преобразование.

ЭВМ можно представить как совокупность узлов, соединенных каналом связи. Узлы соединяют в себе функции хранения и преобразования. По каналам связи передается информация от узла к узлу. Мы будем говорить о потоках информации в каналах связи. Некоторые узлы могут иметь специальную функцию ввода информации в систему и вывода из нее.

Показанная на рисунке (рис.8) модель не имеет ограничений на связи между отдельными узлами. Реализовать такую систему весьма сложно. Реально существующие системы имеют ряд ограничений на связи и четкое функциональное назначение отдельных узлов. Функции отдельного узла могут зависеть от его состояния. Состояние узла описывается значениями его внутренних полей (регистров), может определяться процессом его функционирования или задаваться извне. Состояние узла будем называть его *режимом*. Физически режим может определяться значением регистра узла. Тогда установить режим узла означает присвоить регистру определенное значение.

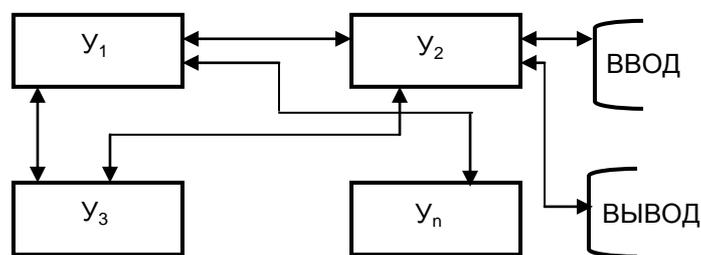


Рисунок 8. Информационная модель ЭВМ:

У—узлы

По каналам связи узлы могут обмениваться либо значащей информацией (сообщениями), либо управляющей. Под *сообщениями* будем понимать последовательности двоичных цифр, сохраняемые или обрабатываемые узлом. Управляющая информация определяет режимы узлов и каналов связи.

Информационная модель позволяет определить основные характеристики ЭВМ.

1. Узлы хранения имеют:

емкостимость — максимальную, среднюю или минимальную;

скорость выборки;

разрядность выборки.

2. Преобразующие узлы имеют скорость преобразования.

3. Каналы определяются:

скоростью передачи информации (пропускная способность);

разрядностью передачи.

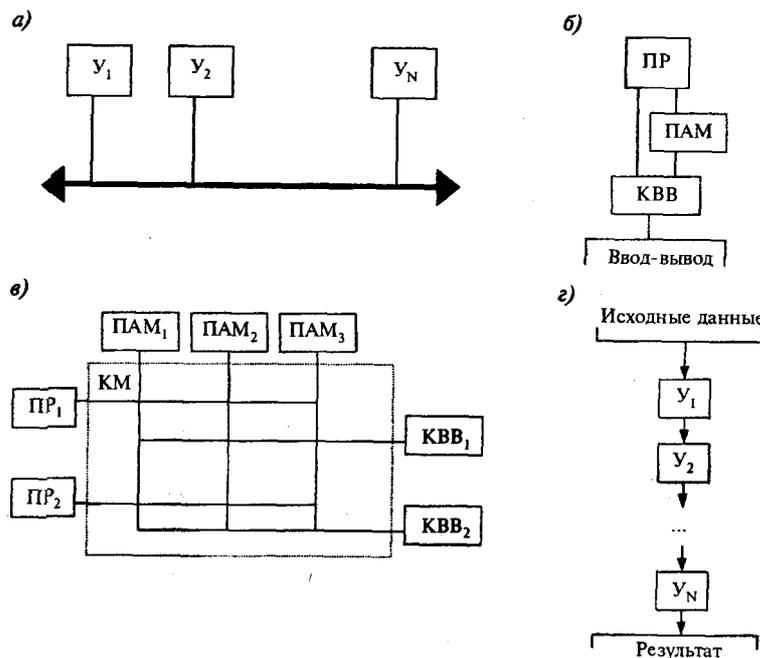


Рисунок 9. Различные схемы организации ЭВМ:

ЭВМ с шинной организацией (а); канальная ЭВМ (б);

ЭВМ с перекрестной коммутацией (в); конвейерная ЭВМ (г);

КМ— коммутирующая матрица.

Из множества возможных соединений отбираются несколько типовых схем, обеспечивающих простоту, возможность реконфигурации (расширения), надежность, стандартизацию и т.д. Можно отметить следующие схемы:

- с шинной организацией;
- специализированные процессоры (каналы);
- схемы с коммутацией;
- архитектуры с распределенными функциями (распределенный интеллект);
- с конвейерной организацией.

Рассмотрим некоторые частные модели ЭВМ, имеющие широкое распространение или представляющие теоретический интерес.

**Шинная организация.** В этой схеме все устройства симметрично подсоединяются к одному каналу, называемому общей шиной. Симметрия подключения гарантирует свободное подключение новых устройств, т.е. система имеет теоретически неограниченное развитие. Некоторые узлы могут иметь специфические свойства, например процессор, оперативная память, внешние накопители данных. Между ними организуется обмен информации. Так как потоки

информации ограничены возможностями одного канала, эта схема имеет принципиальные ограничения скорости работ.

*Канальная организация.* В этой схеме операции обмена данными с внешними устройствами организуются через специализированный узел — канал ввода-вывода. Благодаря этому можно организовывать обработку информации параллельно с вводом-выводом.

*Организация с перекрестной коммутацией.* Идея структурной организации таких ЭВМ заключается в том, что все связи между узлами осуществляются с помощью специального устройства — коммутирующей матрицы. Коммутирующая матрица может связывать между собой любую пару узлов, причем таких пар может быть сколько угодно — связи не зависят друг от друга. В такой схеме нет конфликтов из-за связей, есть конфликты только из-за ресурсов. Возможность одновременной связи нескольких пар устройств позволяет достичь очень высокой производительности комплекса.

*Архитектура с распределенными функциями* являлась основной идеей японского проекта ЭВМ пятого поколения. В настоящее время эта идея осталась не реализованной. Суть идеи заключается в том, что обработка информации распределяется по «интеллектуальным» периферийным устройствам. Переход от ЭВМ четвертого поколения к ЭВМ пятого поколения намечалось осуществить не за счет существенного изменения элементной базы (как было ранее), а за счет резкого качественного изменения сложности и интеллектуальности различных компонент ЭВМ.

*Конвейерная организация.* Здесь обрабатывающее устройство разделяется на последовательно включенные операционные блоки, каждый из которых специализирован на выполнение строго определенной части операции. При этом работа осуществляется следующим образом:

когда  $i$ -й операционный блок выполняет  $i$ -ую часть  $j$ -й операции,  $(i-1)$ -й операционный блок выполняет  $(i-1)$ -ую часть  $(i+1)$ -й операции, а  $(i+1)$ -й операционный блок выполняет  $(i+1)$ -ую часть  $(j-1)$ -й операции. В результате образуется своего рода конвейер обработки и за счет этого повышается производительность системы.

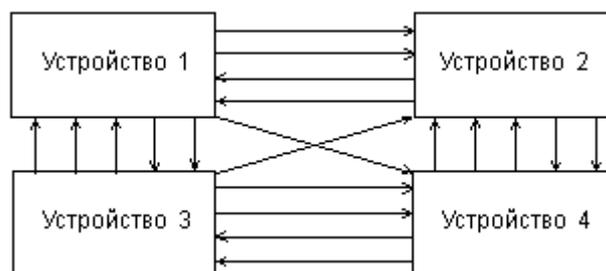


Рисунок 10 Классическая структура связей

При классической структуре связей (рис.10) все сигналы и коды между устройствами передаются по отдельным линиям связи. Каждое устройство, входящее в систему, передает свои сигналы и коды независимо от других устройств. При этом в системе получается очень много линий связи и разных протоколов обмена информацией.

При шинной структуре связей (рис.11) все сигналы между устройствами передаются по одним и тем же линиям связи, но в разное время (это называется мультиплексированной передачей). Причем передача по всем линиям связи может осуществляться в обоих направлениях (так называемая двунаправленная передача). В результате количество линий связи существенно сокращается, а правила обмена (протоколы) упрощаются. Группа линий связи, по которым передаются сигналы или коды как раз и называется **ШИНОЙ** (англ. bus).

Понятно, что при шинной структуре связей легко осуществляется пересылка всех информационных потоков в нужном направлении, например, их можно пропустить через один процессор, что очень важно для микропроцессорной системы. Однако при шинной структуре связей вся информация передается по линиям связи последовательно во времени, по очереди, что снижает быстродействие системы по сравнению с классической структурой связей.

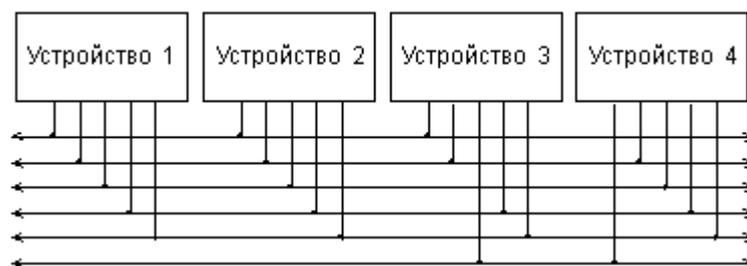


Рисунок 11. Шинная структура связей

Большое достоинство шинной структуры связей (рис.11) состоит в том, что все устройства, подключенные к шине, должны принимать и передавать информацию по одним и тем же правилам (протоколам обмена информацией по шине). Соответственно, все узлы, отвечающие за обмен с шиной в этих устройствах, должны быть единообразны, унифицированы.

Существенный недостаток шинной структуры связан с тем, что все устройства подключаются к каждой линии связи параллельно. Поэтому любая неисправность любого устройства может вывести из строя всю систему, если она портит линию связи. По этой же причине отладка системы с шинной структурой связей довольно сложна и обычно требует специального оборудования.

В системах с шинной структурой связей применяют все три существующие разновидности выходных каскадов цифровых микросхем:

- стандартный выход или выход с двумя состояниями (обозначается 2С, 2S, реже ТТЛ, TTL);
- выход с открытым коллектором (обозначается ОК, ОС);
- выход с тремя состояниями или (что то же самое) с возможностью отключения (обозначается 3С, 3S).

Упрощенно эти три типа выходных каскадов могут быть представлены в виде схем на рис. 12.

У выхода 2С два ключа замыкаются по очереди, что соответствует уровням логической единицы (верхний ключ замкнут) и логического нуля (нижний ключ замкнут). У выхода ОК замкнутый ключ формирует уровень логического нуля, разомкнутый — логической единицы. У выхода 3С ключи могут замыкаться по очереди (как в случае 2С), а могут размыкаться одновременно, образуя третье,

высокоимпеданное, состояние. Переход в третье состояние (Z-состояние) управляется сигналом на специальном входе EZ.

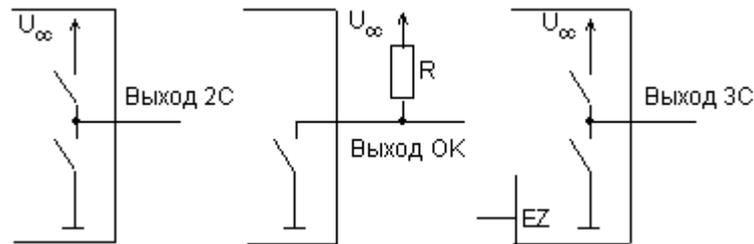


Рисунок 12. Три типа выходов цифровых микросхем

Выходные каскады типов 3С и ОК позволяют объединять несколько выходов микросхем для получения мультиплексированных (рис. 13) или двунаправленных (рис. 14) линий.

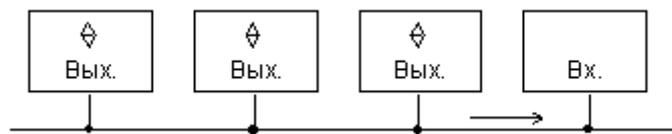


Рисунок 13. Мультиплексированная линия

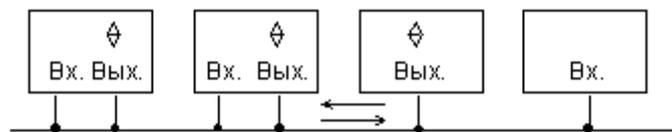


Рисунок 14. Двунаправленная линия

При этом в случае выходов 3С необходимо обеспечить, чтобы на линии всегда работал только один активный выход, а все остальные выходы находились бы в это время в третьем состоянии, иначе возможны конфликты. Объединенные выходы ОК могут работать все одновременно, без всяких конфликтов.

Типичная структура микропроцессорной системы приведена на рис. 15. Она включает в себя три основных типа устройств:

- процессор;
- **память**, включающую оперативную память (ОЗУ, RAM — Random Access Memory) и постоянную память (ПЗУ, ROM — Read Only Memory), которая служит для хранения данных и программ;
- **устройства ввода/вывода** (УВВ, I/O — Input/Output Devices), служащие для связи микропроцессорной системы с внешними устройствами, для приема (ввода, чтения, Read) входных сигналов и выдачи (вывода, записи, Write) выходных сигналов.

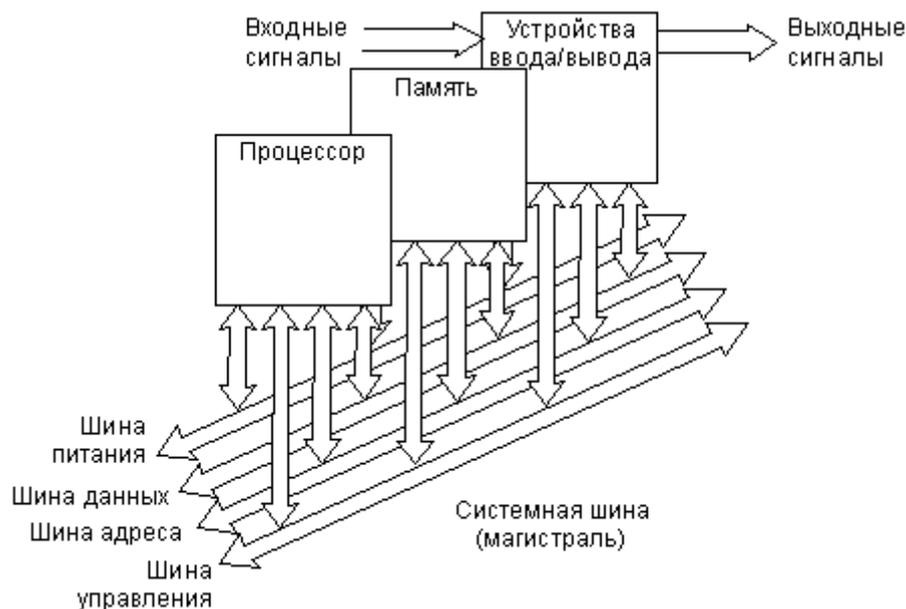


Рисунок 15. Структура микропроцессорной системы

Все устройства микропроцессорной системы объединяются *общей системной шиной* (она же называется еще *системной магистралью* или *каналом*). Системная магистраль включает в себя четыре основные шины нижнего уровня:

- шина адреса (Address Bus);
- шина данных (Data Bus);
- шина управления (Control Bus);
- шина питания (Power Bus).

Шина адреса служит для определения адреса (номера) устройства, с которым процессор обменивается информацией в данный момент. Каждому устройству (кроме процессора), каждой ячейке памяти в микропроцессорной системе присваивается собственный адрес. Когда код какого-то адреса выставляется процессором на шине адреса, устройство, которому этот адрес приписан, понимает, что ему предстоит обмен информацией. Шина адреса может быть однонаправленной или двунаправленной.

Шина данных — это основная шина, которая используется для передачи информационных кодов между всеми устройствами микропроцессорной системы. Обычно в пересылке информации участвует процессор, который передает код данных в какое-то устройство или в ячейку памяти или же принимает код данных из какого-то устройства или из ячейки памяти. Но возможна также и передача информации между устройствами без участия процессора. Шина данных всегда двунаправленная.

Шина управления в отличие от шины адреса и шины данных состоит из отдельных управляющих сигналов. Каждый из этих сигналов во время обмена информацией имеет свою функцию. Некоторые сигналы служат для стробирования передаваемых или принимаемых данных (то есть определяют моменты времени, когда информационный код выставлен на шину данных). Другие управляющие сигналы могут использоваться для подтверждения приема данных, для сброса

всех устройств в исходное состояние, для тактирования всех устройств и т.д. Линии шины управления могут быть однонаправленными или двунаправленными.

Наконец, шина питания предназначена не для пересылки информационных сигналов, а для питания системы. Она состоит из линий питания и общего провода. В микропроцессорной системе может быть один источник питания (чаще +5 В) или несколько источников питания (обычно еще –5 В, +12 В и –12 В). Каждому напряжению питания соответствует своя линия связи. Все устройства подключены к этим линиям параллельно.

Если в микропроцессорную систему надо ввести входной код (или входной сигнал), то процессор по шине адреса обращается к нужному устройству ввода/вывода и принимает по шине данных входную информацию. Если из микропроцессорной системы надо вывести выходной код (или выходной сигнал), то процессор обращается по шине адреса к нужному устройству ввода/вывода и передает ему по шине данных выходную информацию.

Если информация должна пройти сложную многоступенчатую обработку, то процессор может хранить промежуточные результаты в системной оперативной памяти. Для обращения к любой ячейке памяти процессор выставляет ее адрес на шину адреса и передает в нее информационный код по шине данных или же принимает из нее информационный код по шине данных. В памяти (оперативной и постоянной) находятся также и управляющие коды (команды выполняемой процессором программы), которые процессор также читает по шине данных с адресацией по шине адреса. Постоянная память используется в основном для хранения программы начального пуска микропроцессорной системы, которая выполняется каждый раз после включения питания. Информация в нее заносится изготовителем раз и навсегда.

Таким образом, в микропроцессорной системе все информационные коды и коды команд передаются по шинам последовательно, по очереди. Это определяет сравнительно невысокое быстродействие микропроцессорной системы. Оно ограничено обычно даже не быстродействием процессора (которое тоже очень важно) и не скоростью обмена по системной шине (магистральной), а именно последовательным характером передачи информации по системной шине (магистральной).

Важно учитывать, что устройства ввода/вывода чаще всего представляют собой устройства на «жесткой логике». На них может быть возложена часть функций, выполняемых микропроцессорной системой. Поэтому у разработчика всегда имеется возможность перераспределять функции системы между аппаратной и программной реализациями оптимальным образом. Аппаратная реализация ускоряет выполнение функции, но имеет недостаточную гибкость. Программная реализация значительно медленнее, но обеспечивает высокую гибкость. Аппаратная реализация функций увеличивает стоимость системы и ее энергопотребление, программная — не увеличивает. Чаще всего применяется комбинирование аппаратных и программных функций.

Иногда устройства ввода/вывода имеют в своем составе процессор, то есть представляют собой небольшую специализированную микропроцессорную систему. Это позволяет переложить часть программных функций на устройства ввода/вывода, разгрузив центральный процессор системы.

## ОСНОВНЫЕ КОМАНДЫ ЭВМ

Большое изумление у человека, не знакомого с вычислительной техникой вызывает тот факт, что все разнообразие решаемых на ЭВМ задач реализуется с помощью небольшого набора очень простых команд. Система команд у типичной ЭВМ включает в себя всего 60— 150 базовых команд. Все команды в основном служат для выполнения очень простых действий, таких, как прочесть, запомнить, сложить, сдвинуть, сравнить и т.д. Интеллектуальность ЭВМ достигается за счет того, что ЭВМ способна выполнять программы, состоящие из большого числа таких простых действий с огромной, не достижимой для человека скоростью. В данном разделе кратко рассмотрим набор команд, используемых в типичных ЭВМ, и действия, реализуемые этими командами.

При описании системы команд ЭВМ обычно принято классифицировать команды по функциональному назначению, длине, способу адресации и другим признакам. Классификации команд по различным признакам показаны на рис.16. Рассмотрим основные группы команд, придерживаясь классификации команд на группы по функциональному признаку.

*Команды передачи данных.* Данная группа команд включает в себя подгруппы команд передачи кодов между регистрами внутри процессора, из регистров процессора в память, из памяти в регистры процессора, из одних ячеек памяти в другие и передачи данных между процессором и портами внешних устройств. Отдельную подгруппу составляют команды работы со стеком. Они позволяют включать данные в стек для временного хранения и извлекать данные из стека при необходимости их использования. Подробное назначение и принципы использования стеков в ЭВМ рассмотрим ниже при обсуждении работы с подпрограммами и прерываниями.



Рисунок 16. Классификация команд ЭВМ

*Команды обработки данных.* Данную группу команд с точки зрения выполняемых над данными операций можно подразделить на арифметические

(сложить, вычесть, умножить и т.д.), логические (операции И, ИЛИ, НЕ и т.д.) и команды сдвига. Команды этого типа могут иметь один или два операнда. Операнды могут храниться в регистрах центрального процессора, в памяти или в самой команде. Результат операции формируется в регистре-приемнике или в специализированном регистре-аккумуляторе. Команды данной группы формируют признаки результатов, устанавливаемые в регистре флагов процессора: перенос из старшего разряда, переполнение, нулевой результат и др. К арифметическим командам относят также и команды сравнения. Обычно для сравнения двух чисел процессор выполняет операцию вычитания. По результату вычитания устанавливаются флаги во флаговом регистре процессора. Очевидно, что если сравниваемые величины равны, результат вычитания будет нулевым и во флаговом регистре установится флаг нулевого результата. Если первая из сравниваемых величин больше — результат вычитания будет отрицательным и установится флаг отрицательного результата и т.д. Результат вычитания не сохраняется в памяти, по состоянию флагового регистра можно судить о результатах сравнения двух величин. Многие процессоры имеют команды сравнения операнда с нулем. В некоторых процессорах имеются команды проверки или установки состояния отдельных битов в операнде.

*Команды передачи управления.* Они имеют важное значение, так как используются для изменения естественного порядка следования команд и организации циклических участков в программах.

Простейшей командой передачи управления является команда безусловного перехода `JMP <адрес>`, которая загружает адрес перехода, указанный в команде, в программный счетчик. Команды условного перехода проверяют указанное в команде условие и модифицируют программный счетчик, если условие истинно. Обычно команды условного перехода используются после команд, изменяющих состояние флагового регистра (например, команд сравнения). При проверке условия производится сравнение состояния одного или нескольких флагов из флагового регистра с комбинацией, указанной в коде команды условного перехода. Модификация программного счетчика может производиться либо загрузкой в него нового значения, либо сложением его со смещением, указанным в команде. Например, оператор `IF IF(A>B) then go to L`; некоторого языка высокого уровня может быть реализован, примерно, такой последовательностью команд:

```
СРАВНИТЬ А и В  
ПЕРЕЙТИ ЕСЛИ БОЛЬШЕ К АДРЕСУ L
```

Первая из команд (сравнение) производит, как отмечалось выше, вычитание значения операнда В из операнда А. Если  $A > B$ , то результат будет положителен и соответственно флаг знака во флаговом регистре не установится. Вторая команда (условный переход) анализирует состояние флага знака и, если он не установлен, модифицирует программный счетчик так, чтобы его значение указывало на адрес L.

*Команды для работы с подпрограммами. Стеки.* В практике программирования широко используется такой прием, как организация подпрограмм. Подпрограмма описывается один раз, а использоваться (вызываться) может из различных мест программы. При этом, после того как подпрограмма закончила свою работу, управление должно быть передано туда, откуда подпрограмма была вызвана на команду, следующую в памяти сразу за командой обращения к подпрограмме. Адрес команды, на которую управление передается после окончания работы подпрограмм, называется *адресом возврата*.

Очевидно, для того, чтобы начать выполнять подпрограмму, в программный счетчик необходимо загрузить адрес первой команды подпрограммы. Для осуществления возврата из подпрограммы необходимо запомнить в каком-то месте адрес возврата. Можно, например, сохранить адрес возврата в одном из регистров процессора. Такой способ сохранения адреса возврата очень прост и легко реализуется. Однако он обладает одним существенным недостатком. Достаточно часто встречаются подпрограммы, которые вызывают другие подпрограммы. Пусть основная программа вызвала подпрограмму А. Она в свою очередь обратилась к подпрограмме В. Если адрес возврата для подпрограммы А хранится в регистре процессора, то куда девать адрес возврата при вызове подпрограммы В?

Для организации подпрограмм большинство ЭВМ используют аппаратно поддерживаемую структуру данных, называемую стеком. *Стек* — это структура данных, организованная по принципу: последним вошел — первым вышел, т.е. последние записанные в стек данные извлекаются из него первыми. В переводе с англ. *stack* — стопка. Аналогом стека может служить стопка тарелок. Положить тарелку в стопку можно только сверху, извлечь опять-таки только верхнюю тарелку. В ЭВМ для организации стека выделяется область оперативной памяти, а для ее адресации и доступа к стеку используется упоминавшийся выше регистр — указатель стека. *Указатель стека* хранит адрес ячейки памяти, содержащей последнее помещенное в стек значение. При записи числа в стек указатель стека модифицируется так, чтобы он указывал на следующую свободную ячейку, и в нее записываются данные. При извлечении из стека данные считываются из ячейки, на которую указывает указатель стека, затем указатель стека модифицируется так, чтобы указывать на предпоследнее запомненное значение. Обычно стеки растут в сторону уменьшения адресов, т.е. при записи числа указатель стека уменьшается, при извлечении — увеличивается. Работа стека проиллюстрирована ниже (рис.17):

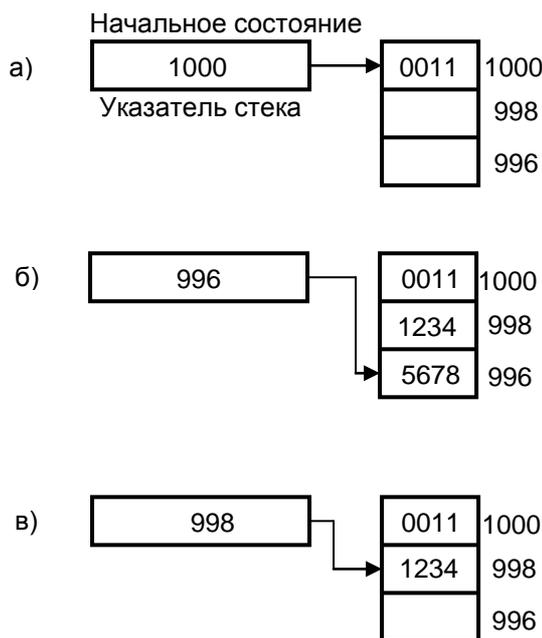


Рисунок 17. Работа стека:

а) начальное состояние; б) в стек записаны два двухбайтовых числа 1234 и 5678; в) из стека извлечено одно двухбайтовое число.

Изначально указатель стека содержал значение 1000. После проталкивания в стек двух величин размером в два байта указатель стека будет содержать значение 996. После выталкивания одного двухбайтового числа указатель стека содержит 998.

При организации работы с подпрограммами для сохранения адреса возврата используется стек. Команды *вызова подпрограмм* CALL <адрес> работают следующим образом. Когда процессор считывает из памяти команду вызова подпрограммы, программный счетчик увеличивается и показывает на команду, следующую за командой вызова подпрограммы. С этой команды выполнение программы должно продолжиться после окончания работы подпрограммы. Таким образом, программный счетчик после выборки команды вызова подпрограммы содержит адрес возврата. При выполнении обращения к подпрограмме процессор сохраняет содержимое программного счетчика в стеке. Адрес, с которого начинается подпрограмма, вычисляется процессором по адресному полю команды вызова подпрограммы и помещается в программный счетчик. Процессор приступает к выполнению подпрограммы. Если подпрограмма в процессе своей работы вызовет другую подпрограмму, новое значение адреса возврата будет также включено в стек поверх старого адреса возврата.

Для возврата из подпрограммы в основную программу служат *команды возврата* RETURN. Команды возврата из подпрограммы извлекают из стека верхний элемент и помещают его в программный счетчик. Если имели место несколько вложенных вызовов подпрограмм, то возврат произойдет по адресу возврата, сохраненному после последнего вызова, так как для хранения адресов возврата используется стек и последний сохраненный адрес возврата будет использован первым.

*Прочие команды.* В ЭВМ могут быть дополнительные (специальные) команды. К их числу можно отнести команды остановки центрального процессора, сброса внешних устройств, установки или сброса отдельных признаков и т.д.

#### **Контрольные вопросы.**

1. Информационная модель ЭВМ.
2. Команды передачи данных.
3. Команды обработки данных.
4. Команды передачи управления.
5. Команды для работы с подпрограммами.

## **ГЛАВА 5. ПЕРСОНАЛЬНЫЕ ЭВМ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ**

- Персональные компьютеры
- Классификация ПЭВМ
- Бытовые ПЭВМ
- Персональные ЭВМ общего назначения
- Профессиональные ПЭВМ

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЭВМ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Появление в 1975 г. в США первого серийного персонального компьютера (персональной ЭВМ — ПЭВМ) вызвало революционный переворот во всех областях человеческой деятельности.

Первые персональные компьютеры создавались в виде электронных блоков, обеспечивающих возможность конструировать различные ЭВМ из отдельных узлов. Такие наборы пользовались большим успехом у любителей-электронщиков. Однако уже в 1981 г. стали выпускаться ПЭВМ, имеющие блочно-модульную конструкцию. Эти машины, простые в эксплуатации и сравнительно дешевые, предназначались для потребителей, не обладающих знаниями в области вычислительной техники и программирования.

Широкое распространение мини-ЭВМ в начале 70-х годов определялось необходимостью приблизить компьютер к пользователю. Мини-ЭВМ устанавливались непосредственно на предприятиях и в организациях, где использование больших ЭВМ было экономически невыгодным.

ПЭВМ относится к классу микроЭВМ и является машиной индивидуального пользования. Это общедоступный и универсальный инструмент, многократно повышающий производительность интеллектуального труда специалистов различного профиля. ПЭВМ предназначена для автономной работы в диалоговом режиме с пользователем. Общедоступность ПЭВМ определяется сравнительно низкой стоимостью, компактностью, отсутствием специальных требований как к условиям эксплуатации, так и степени подготовленности пользователя.

Основой ПЭВМ является микропроцессор (МП). Развитие техники и технологии микропроцессоров определило смену поколений ПЭВМ:

первое поколение (1975—1980 гг.) — на базе 8-разрядного МП;

второе поколение (1981—1985 гг.) — на базе 16-разрядного МП;

третье поколение (1986—1992 гг.) — на базе 32-разрядного МП;

четвертое поколение (1993 г. — по настоящее время) — на базе 64-разрядного МП.

Большую роль в развитии ПЭВМ сыграло появление компьютера IBM PC, произведенного корпорацией IBM (США) на базе микропроцессора Intel-8086 в 1981г. Этот персональный компьютер занял ведущее место на рынке ПЭВМ. Его основное преимущество — так называемая «открытая архитектура», благодаря которой пользователи могут расширять возможности приобретенной ПЭВМ, добавляя различные периферийные устройства и модернизируя компьютер.

В дальнейшем другие фирмы начали создавать компьютеры, совместимые с IBM PC и, таким образом, компьютер IBM PC стал как бы стандартом класса ПЭВМ. В наши дни около 85 % всех продаваемых ПЭВМ базируется на архитектуре IBM PC.

*Бытовые ПЭВМ* предназначены для массового потребителя, поэтому они должны быть достаточно дешевыми, надежными и иметь, как правило, простейшую базовую конфигурацию. Бытовые ПЭВМ используются в домашних условиях для развлечений (видеоигры), для обучения и тренировки, управления бытовой техникой. Однако архитектура этих машин позволяет подключать их к ка-

налам связи, расширять набор периферийного оборудования. При некоторой модернизации эти модели могут использоваться для индивидуальной обработки текста, решения небольших научных и инженерных задач (например, отечественная ПЭВМ «Амата»). Бытовые ПЭВМ снабжаются пакетом игр, программным обеспечением локальной сети и др. Фирмы предлагают за дополнительную плату нарастить комплектность- компьютера НЖМД типа «винчестер», музыкальной картой, монитором и т.д. Модель «Амата» легко превращается в ПЭВМ общего назначения.

### **Классификация ПЭВМ**

*Персональные ЭВМ общего назначения* применяются для решения задач научно-технического и экономического характера, а также для обучения и тренировки. Они размещаются на рабочих местах пользователей: на предприятиях, в учреждениях, в магазинах, на складах и т.п.

Машины этого класса обладают достаточно большой емкостью оперативной памяти, имеют внешнюю память на гибких и жестких магнитных дисках, собственный дисплей. Интерфейсы позволяют подключать большое количество периферийных устройств, средства для работы в составе вычислительных сетей.

ПЭВМ общего назначения используются прежде всего пользователями-непрофессионалами. Поэтому они снабжаются развитым программным обеспечением, включающим операционные системы, трансляторы с алгоритмических языков, пакеты прикладных программ. В состав аппаратуры входят устройства для вывода как текстового, так и графического материала, принтеры с высоким качеством печати. Этот класс ПЭВМ получил наибольшее распространение на мировом рынке.

*Профессиональные ПЭВМ* используются в научной сфере, для решения сложных информационных и производственных задач, где требуются высокое быстродействие, эффективная передача больших массивов информации, достаточно большая емкость оперативной памяти. Пользователями профессиональных ПЭВМ, как правило, являются профессионалы-программисты, поэтому программное обеспечение должно быть достаточно богатым, гибким, включать инструментальные программные средства.

Благодаря подключению широкой номенклатуры периферийных устройств функциональные возможности ПЭВМ значительно расширяются. Они могут работать в многозадачном режиме, с алгоритмическими языками высокого уровня, в составе вычислительных сетей. По своим функциональным возможностям многопроцессорные профессиональные ПЭВМ не только приближаются, но и вполне могут конкурировать с большими ЭВМ предыдущего поколения.

Конструктивные решения, заложенные в первую модель IBM PC образца 1981 года, без особых изменений дошли и до наших дней. В классическом варианте исполнения PC состоит из системного блока, к которому подключается клавиатура, видеомонитор и все периферийные устройства. В системном блоке (рис.10) расположена системная плата (system board или motherboard – материнская плата)

с установленными на ней центральными компонентами компьютера – процессором, оперативной памятью (рис18). Вспомогательными схемами и щелевыми разъемами-слотами, в которых можно устанавливать платы расширения. В корпусе системного блока имеются отсеки (bay) для установки дисковых накопителей и других периферийных устройств трех- и пятидюймового формата, а также блок питания. На задней стенке корпуса имеются отверстия для разъемов клавиатуры и некоторых других устройств, а также щелевые прорези, через которые из корпуса выходят внешние разъемы, установленные на платах расширения. Платы (карты) расширения имеют краевой печатный разъем, которым они соединяются со слотами шин ввода вывода, металлическую скобу для закрепления платы на корпусе. На этой скобе могут быть установлены внешние разъемы.

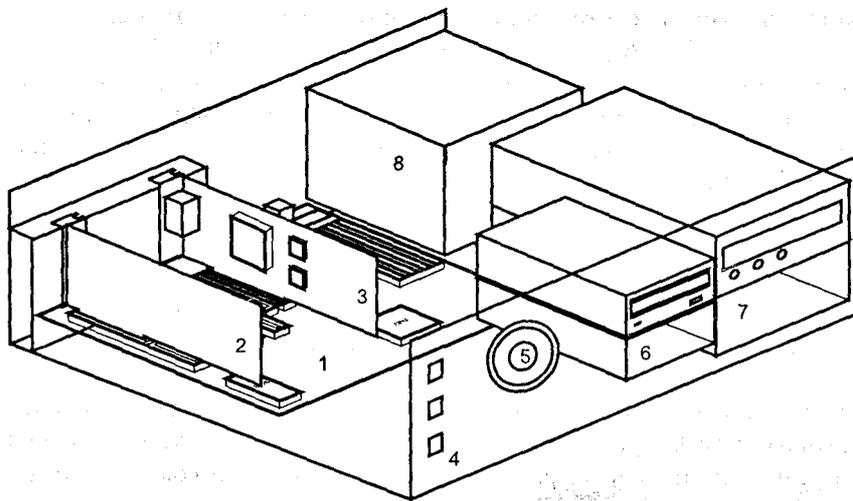


Рисунок 18. Компоновка традиционного системного блока:

1-системная плата; 2-карта расширения ISA; 3-карта расширения PCI; 4-органы лицевой панели; 5-динамик; 6,7-отсеки 3” и 5”;; 8-блок питания.

Габаритные и присоединительные размеры плат, способ их крепления и шины ввода-вывода унифицированы, что превращает персональный компьютер в «увлекательный конструктор».

Унификация системных плат, корпусов и плат расширения обеспечивается следующими конструктивными соглашениями:

- стандартизация размеров, количества контактов и электрического интерфейса слотов шин расширения;
- Фиксированное расстояние от слота до задней кромки платы;
- Фиксированный шаг между соседними слотами, а также их привязка к крепежным точкам и положению внешних разъемов (на платах XT и AT - привязка только к разъему клавиатуры);
- определение максимального габарита (длина и высота) карт расширения;
- определение геометрии нижнего края платы расширения, формы и размеры фиксирующей скобки.

Изначально системный блок ставился на стол горизонтально. Этот тип корпуса называется desktop (настольный). Корпуса были довольно громоздкие, но со временем за счет уменьшения площади системной платы удалось сократить их длину. Так появился формат корпуса (и системной платы) baby-AT (детка), а традиционные корпуса и платы получили название full-AT (полноразмерные). В настоящее время под корпусом desktop подразумевается корпус длиной около 35 см.

Несколько позже появился тип корпуса tower (башня). В него можно устанавливать системные платы и карты расширения тех же форматов, что и в desktop, но конструктивно он лучше и удобнее за счет наличия жесткого скелета-шасси. Несколько лет назад был принят новый стандарт на конструктив системной платы и корпуса – ATX. Этот конструктив появился в связи с тенденцией расположения максимального числа периферийных контроллеров на системной плате, что привело к затруднению вывода их внешних разъемов. Кроме того, формат ATX (рис.19) наводит порядок и во внутренних соединениях системного блока, а также имеет другой интерфейс блока питания.

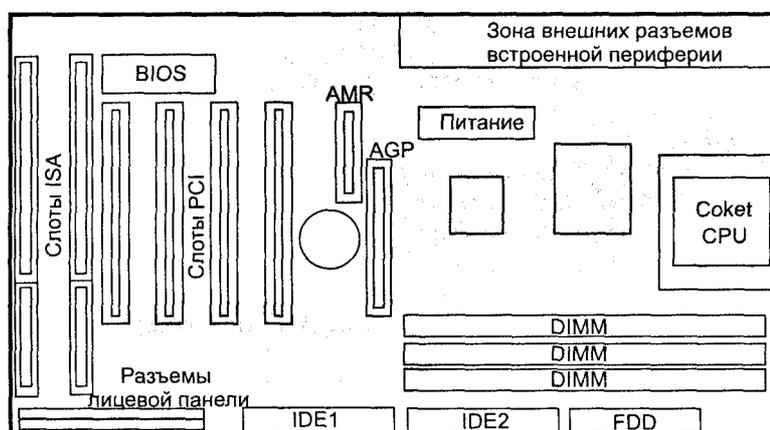


Рисунок 19. Системная плата ATX

Корпуса типа tower могут иметь различные размеры, в зависимости от которых их устанавливают на стол или какой-либо подставке.

Корпус *mini-tower* является самой маленькой башней — он имеет высоту около 35 см, ширину 17-18 см (чуть шире отсека 5"), глубину около 40 см и всего два отсека формата 5". Из трех-четырех отсеков 3" на лицевую панель могут выводиться всего два.

Корпус *midi-tower* несколько больше — он имеет высоту около 40 см и по крайней мере три отсека формата 5".

Корпус *big-tower* имеет высоту около 60 см и пять-шесть отсеков формата 5". Эти корпуса обычно шире (для устойчивости и лучшего охлаждения внутренних устройств). Есть и более емкие корпуса — *super big-tower* и другие, предназначенные для компьютеров-серверов.

Корпуса, иногда называемые кейсами (case), могут иметь различные конструктивные особенности и дополнительные элементы, например, запираемые или просто пылезащитные дверцы на отсеках накопителей, элементы блокировки несанкционированного доступа, средства контроля внутренней температуры и т. п. Блоки питания широко распространенных корпусов имеют унифицированный

конструктив, но в зависимости от размера корпуса различную мощность и количество разъемов для питания накопителей.

Для настольного исполнения существуют различные модели корпусов с уменьшенными размерами. Главным образом стремятся снизить высоту, которая для горизонтально расположенных корпусов определяется принятой допустимой высотой плат расширения. В низкопрофильных корпусах типа *slim line* платы расширения располагают в плоскостях, параллельных плоскости системной платы. Они устанавливаются в специальную переходную плату — *riser card*, в просторечии иногда называемую «елкой». Эта «елка» «растет» из системной платы, а ее «ветками» являются платы расширения, вставляемые в слоты переходной платы (рис.20). Так компонуются корпуса в стандарте LPX. Для них существует специальное одноименное исполнение системных плат, но иногда в эти корпуса удается установить и обычные системные платы формата baby-AT. Если все необходимые компоненты установлены на системной плате, а установка плат расширения не предвидится, то переходная плата может отсутствовать. Высоту корпуса LPX удается снизить примерно до 10 см, но расплатой за это удовольствие является очень тесная компоновка и малое число доступных отсеков. Спецификация для низкопрофильных корпусов NLX преследует примерно те же цели, что и ATX. В ней порядок наводится с помощью переходной платы, которая в данном случае (в отличие от LPX) является обязательной даже при отсутствии карт расширения — через эту плату к системной плате подключаются все жизненно важные цепи (рис.21). На краевой разъем системной платы выводятся сигналы шин PCI, ISA и USB, интерфейсные сигналы контроллеров НГМД и порты IDE, линии питания и подключения всех органов лицевой панели. На системной плате предусматривается место для слота AGP, в который можно установить видеокарту уменьшенной высоты.

Все вышеперечисленные типы корпусов позволяют использовать стандартные платы расширения и довольно широкий ассортимент системных плат, то есть «конструктор» является универсальным и возможности модернизаций не упираются в необходимость приобретать изделия одного производителя. Однако существуют и «фирменные» типы корпусов, в которые могут устанавливаться только «родные» им системные платы. Что касается карт расширения, то обычно они все-таки универсальны, хотя попадаются и системы, замкнутые на себя.

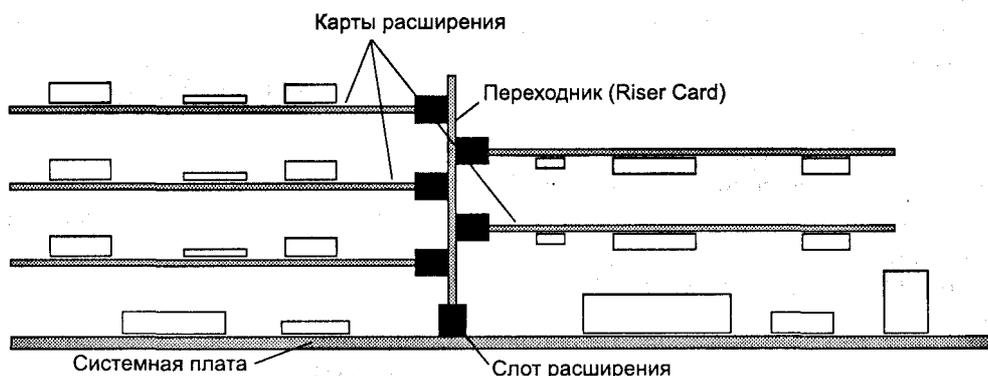


Рисунок 20. Компоновка в корпусе LPX

Существуют корпуса экзотических форм — например, в виде прямоугольного сектора цилиндра, предназначенные для установки в угол (фирма Packard Bell). Есть и компьютеры-моноблоки, в которых системный блок и монитор расположены в общем корпусе. Существуют так называемые мультимедийные корпуса со встроенными стереофоническими акустическими системами. Одно время вы-

пускались миниатюрные копии корпусов desktop размером с книгу — *book-size*, и в комплекте с такими же миниатюрными мониторами и клавиатурами они смотрелись очень симпатично. Конечно, вопрос об их совместимости с распространенными обычными платами и не стоял, а цена этих «сувениров» была очень высокой.

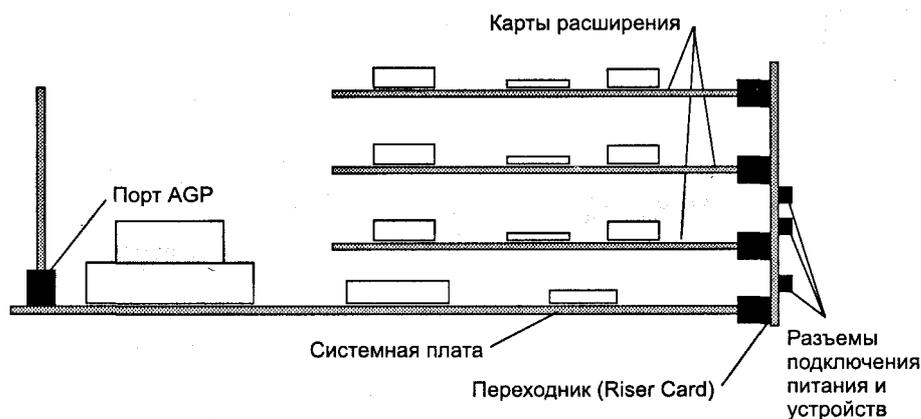


Рисунок 21. Компоновка плат в корпусе NLX

**Промышленные компьютеры.** Компьютеры для промышленного применения обобщенно называются Industrial PC. Здесь, под PC понимается не персональный (как таковой) компьютер, а компьютер, совместимый с IBM PC. Они предназначены для особых (не офисных) условий эксплуатации.

**Промышленным компьютерам** по роду службы приходится находиться поблизости от его подопечного объекта контроля и в той или иной степени разделять его условия существования (в противном случае его можно было бы установить и в уютном офисе с обычными условиями эксплуатации). Условия эксплуатации могут быть тяжелыми в смысле климата — температура, влажность, пыль, осадки и т. п. Компьютер может подвергаться механическим воздействиям — вибрация, удары, ускорения. Химическое воздействие подразумевает, например, агрессивные пары и газы. Неблагоприятное электрическое соседство (мощные контакторы, сварочные аппараты, печи, генераторы, трансформаторы) вызывает как электромагнитные наводки, так и помехи по питанию. Этих перечисленных условий достаточно для того, чтобы испугаться за «здоровье» нежного настольного компьютера, попадающего в такие условия. Добавим еще, что к промышленному компьютеру может потребоваться подключение большого числа цепей связи с объектом, для которых на задней панели PC просто не хватит места под разъемы, а на системной плате не хватит слотов для интерфейсных карт сопряжения. И, наконец, конструкция должна обеспечивать минимальное время поиска и устранения неисправностей, которые неизбежны даже при самом высоком уровне надежности. К **инструментальным компьютерам**, в основном предназначенным для сбора и обработки информации о каком-либо сложном объекте (например, экспериментальной установке), предъявляются похожие требования, правда внешние условия, как правило, помягче.

Для выполнения этих требований конструктив РС должен быть заметно преобразен. В РС объединение модулей (интерфейсных карт) осуществляется через системную плату, на которой сейчас размещают практически все основные и жизненно важные компоненты, от процессора до большинства стандартных интерфейсных адаптеров. И эта сложнейшая плата оказывается на самом дне корпуса, «погребенная» установленными в нее интерфейсными картами и подсоединенными кабелями. Если она отказала, то для замены или ремонта компьютер придется разобрать полностью, что делается не так-то быстро. Чтобы избежать таких затруднений, в промышленных и инструментальных компьютерах функцию объединения модулей выполняет *пассивная кросс-плата* (passive backplane). Точный перевод названия указывает на местоположение этой платы в конструктиве — задняя плоскость. На такой плате устанавливают только разъемы подключения функциональных модулей и блока питания. Все функциональные модули устанавливаются в блок спереди и объединяются между собой магистральной шиной кросс панели. Внешние подключения к модулям осуществляют либо со стороны лицевой панели модулей, либо с задней стороны кросс-платы через контакты разъемов, не используемых под магистральные шины.

Функциональные модули могут иметь различное назначение, но главным, конечно же, является процессорный модуль. Современные процессорные модули функционально идентичны традиционным системным платам с интегрированной периферией. На них устанавливают процессоры от 386 до Pentium II/III, «золотой серединой» являются экономичные и эффективные процессоры класса 486. Периферийные модули выполняют функции аналогового и цифрового ввода-вывода, и из широкого ассортимента выпускаемых модулей всегда можно набрать комплект, «персонально» подходящий к компьютеризируемому объекту.

Как и для традиционных (настольных) РС, в данной отрасли существуют стандарты на конструктивы и, конечно же, стандарты на объединительные шины.

*Модульная система «Евромеханика»* широко применяется для приборов промышленного назначения и инструментальных систем. Это международный стандарт на типоразмеры и конструктивы печатных плат, модулей, субблоков, блоков и 19-дюймовых шкафов и стоек. В зависимости от сложности устройств стандарт позволяет выбирать подходящий размер модулей и плат (рис.22). Модуль представляет собой плату с некоторым внешним оформлением — передней панелью и, возможно, кожухом. Модули устанавливаются в каркасы блоков и с помощью коннекторов (разъемов), установленных на задней стороне их плат, соединяются с кросс-платой. Обычно на кросс-плате имеется *шина* (bus), объединяющая модули и подводящая к ним стандартные напряжения питания.

В евромодулях используются стандартизованные магистральные шины, из которых для РС-совместимых компьютеров сейчас популярна Compact PCI и ее расширение PXI. Шины Multibus и Multibus II уже уходят со сцены. Распространенная шина VME ориентирована на совсем РС -шные процессоры Motorola.

Евромеханика является мощной конструктивной базой для построения сложных устройств, но есть варианты построения модульных компьютеров

попроще (и подешевле). Самое простое решение для создания конструктива инструментальных и промышленных компьютеров заключалось в использовании стандартной шины карты ISA (половинной или полноразмерной). Все компоненты с традиционной системной платы перенесли на карту ISA, получив одноплатный компьютер, называемый *микро-PC* (mPC — microPC). На такой карте содержится процессор, память, графический адаптер, контроллеры портов и дисковые интерфейсы, иногда на нее же ухитряются поместить и дополнительные контроллеры цифрового и аналогового ввода-вывода. Для подключения к модулям (картам) расширения используют пассивную кросс-плату с обычными разъемами ISA. Если требуется более высокопроизводительный канал, задействуют и шину PCI. Кросс-плата для таких систем становится неоднородной — у нее часть слотов имеет разъемы PCI, другая часть — ISA, расположенные на обычных местах, а место для системного контроллера оборудовано обоими разъемами. Достоинством такой конструктива является его совместимость с обычными картами расширения для PC, но оно оборачивается и недостатком — остается все то же ненадежное крепление и мало места под внешние разъемы.

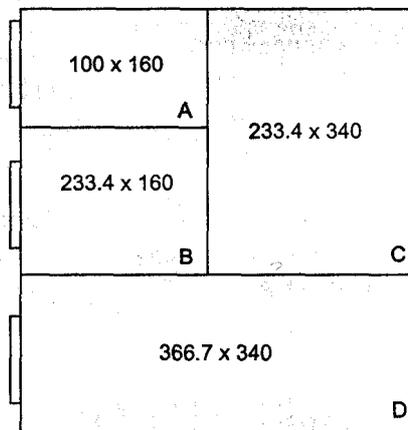


Рисунок 22. Форматы модулей «Евромеханика»

На базе плат mPC (чаще половинного формата) делают и модульные конструктивы. Верхнюю сторону платы снабжают панелью, которая становится лицевой. При этом изменяется система крепления и подвода внешних цепей — верхняя (длинная) сторона платы стала доступной для установки внешних разъемов. Появилась вторая точка крепления, так что платы не будут при малейших внешних усилиях самопроизвольно вылезать из слота, как морковка из грядки. Конечно же, такие модули не располагают всей мощностью платы Евромеханика (большой размер, надежные разъемы, подключение через заднюю панель), но вполне пригодны для устройств средних размеров.

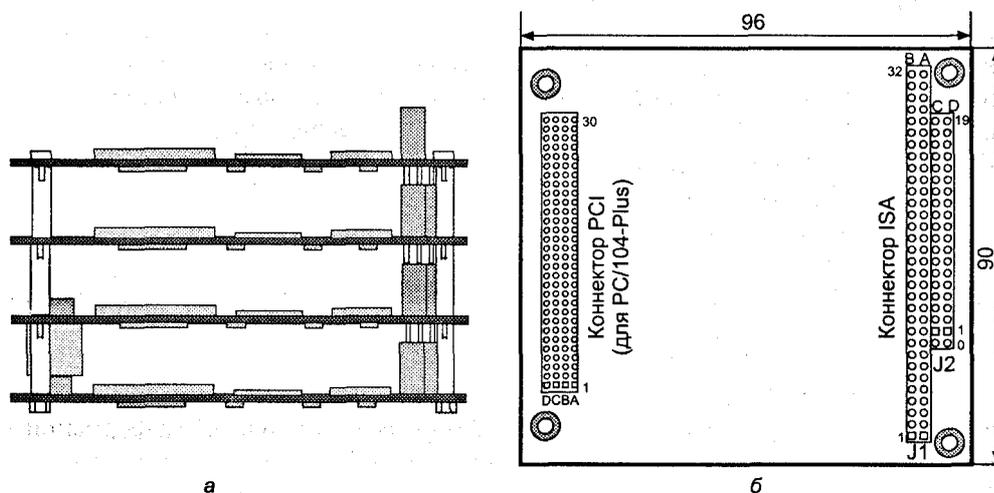


Рисунок 23. Компьютер с шиной PC/104:

*а*— стопка плат; *б*— расположение системных коннекторов

Для «самых маленьких» встраиваемых контроллеров существует другой конструктив с шиной PC/104. В ее названии присутствует число контактов коннектора, на который выводятся сигналы шины ISA. От обычной шины ISA PC/104 отличается только типом коннектора и нагрузочными характеристиками линий. Основой контроллера является тРС с разъемом (розеткой) PC/104 (рис.23). Если требуется подключение платы расширения, она своим разъемом PC/104 (вилкой) вставляется в плату контроллера. Кроме вилки на плате расширения имеется и розетка PC/104 (коннектор двусторонний), так что можно собирать «бутерброд» из нескольких плат. Если плат более трех, то сверху «бутерброда» устанавливают терминатор. Для фиксации плат стандартизовано расположение крепежных отверстий, и платы скрепляются несущими стоечками (длинными винтами с втулками). Конечно, такой конструктив удобен только для небольших систем с двумя-тремя платами, для которых он и предназначается. Возможна и иная компоновка — установка нескольких модулей на одной (большой) кросс-плате. С широким использованием процессоров Pentium и старше в модуль ввели еще и шину PCI, так появился стандарт PC/104-Plus. Расположение коннекторов и габариты платы PC/104-Plus иллюстрирует рис. 24,б. Отметим особенности коннекторов: J1 — коннектор шины ISA-8, J2 — его расширение до ISA-16; эти коннекторы обычно имеют дюймовый шаг контактов (2,54 мм), но могут встречаться и метрические, с шагом 2,5 мм (они взаимно несовместимы). Обратим внимание и на специфическую нумерацию рядов и номеров контактов (у J2 нумерация начинается с нуля). Коннектор PCI имеет шаг контактов 2 мм.



В настоящее время появился новый признак классификации ПЭВМ по конструктивному исполнению, связанному с микроминиатюризацией изделий. Снижение веса и уменьшение габаритов привело к выпуску компьютеров, называемых LAPTOP («наколенные» компьютеры), NOTEBOOK (рис.24) (компьютеры-блокноты) и HANDHELD (ручной компьютер) (рис.25).

Рисунок 24. Общий вид компьютера типа NOTEBOOK



Рисунок 25. Общий вид компьютера типа HANDHELD

В LAPTOP-компьютере клавиатура и системный блок выполнены в одном корпусе, который сверху, как крышкой, закрывается жидкокристаллическим дисплеем, неразъемно соединенным со своим электронным основанием. Соединительные провода между дисплеем и ЭВМ скрыты в корпусе. Компьютер можно легко переносить и держать на коленях пользователя. Эти модели немного уступают по своим техническим параметрам настольным ПЭВМ. Они построены на МП i80386, имеют встроенные НГМД и НЖМД. В большинстве моделей LAPTOP используются монохромные дисплеи, так как применение цветных дисплеев приводит к резкому удорожанию компьютера. Компьютеры класса LAPTOP не должны весить более 3,5 кг.

*NOTEBOOK (компьютеры-блокноты)* имеют размеры одного листа бумаги стандарта А4 (297x210), обладают неполной клавиатурой (около 80 клавиш). В них используются НЖМД (например, дисковод емкостью 120 Мбайт, диаметром 2,5 дюйма) и НГМД. В комплекте с NOTEBOOK можно применять модем или 4)акс-модем, выполненные в виде отдельного настольного блока, присоединенного кабелем к компьютеру и телефонной сети. Однако существуют блоки модемов и факс-модемов, вставляемые в корпус NOTEBOOK и работающие, как правило, только на передачу сообщений. Компьютеры NOTEBOOK могут использоваться в деловых поездках, не требуют места на рабочем столе, могут храниться в ящике для бумаг, в портфеле.

*ПЭВМ HANDHELD* — ПЭВМ, размер которой меньше одного листа бумаги стандарта А4 (например, модель Hewlett Packard 95 LX имеет размеры 160x86x25 мм), поэтому они всегда под рукой (в кармане) в готовом к работе состоянии. Эти модели могут работать независимо от электросети. Программы при автономной работе вводятся с помощью твердой карточки (ROM CARD), на которых записаны программы емкостью 32, 64 или 128 Кбайт. Карточки можно перепрограммировать. Для хранения результатов расчетов, введенного текста, составленных электронных таблиц и других результатов работы пользователь применяет ROM CARD со встроенной в них батарейкой. Это карточки очень небольшого размера (2x5мм), что позволяет вставлять их в специальные отверстия в корпусе персонального компьютера для чтения с них программ, данных или записи результатов работы пользователя. По мере надобности результаты работы могут быть по кабелю перенесены на настольный компьютер. В конструкциях этих моделей ПЭВМ предусматривается гораздо больший объем постоянной памяти, чем в конструкциях настольных ПЭВМ.

По прогнозам специалистов, миниатюрные компьютеры в ближайшем будущем смогут включаться в вычислительные сети без проводов (с помощью радиоволн),

что потребует минимальных затрат. Такая технология получила название «полевая компьютеризация» (Field Computing). К концу 90-х годов ее внедрение вызовет новый революционный скачок в информатизации общества.

### **Контрольные вопросы.**

1. Расскажите о смене поколений ПК.
2. Классификация ПЭВМ.
3. Бытовые ПЭВМ.
4. ПЭВМ общего назначения.
5. Профессиональные компьютеры.
6. Промышленные компьютеры.
7. Компьютеры-блокноты.
8. Устройство персонального компьютера (типы корпусов).

## **ГЛАВА 6. ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПК**

- Основные блоки ПК и их назначение
- Структура персонального компьютера
- Внутримашинный системный интерфейс
- Шины расширений и локальные шины

### **ОСНОВНЫЕ БЛОКИ ПК И ИХ НАЗНАЧЕНИЕ**

*Архитектура компьютера* обычно определяется совокупностью ее свойств, существенных для пользователя. Основное внимание при этом уделяется структуре и функциональным возможностям машины, которые можно разделить на основные и дополнительные.

*Основные* функции определяют назначение ЭВМ: обработка и хранение информации, обмен информацией с внешними объектами. *Дополнительные* функции повышают эффективность выполнения основных функций: обеспечивают эффективные режимы ее работы, диалог с пользователем, высокую надежность и др. Названные функции ЭВМ реализуются с помощью ее компонентов: аппаратных и программных средств.

*Структура компьютера* - это некоторая модель, устанавливающая состав, порядок и принципы взаимодействия входящих в нее компонентов (рис.26).

*Персональный компьютер*-это настольная или переносная ЭВМ, удовлетворяющая требованиям общедоступности и универсальности применения.

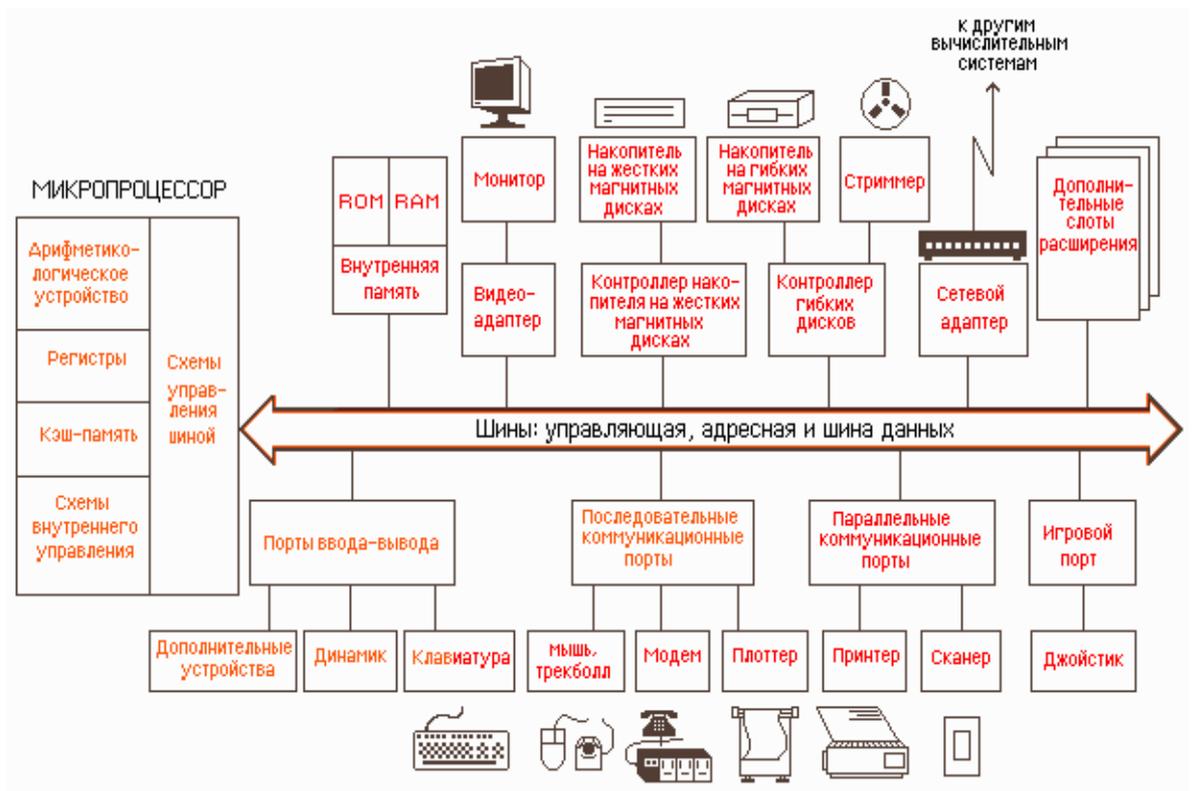


Рисунок 26. Структурная схема персонального компьютера.

Архитектурный облик IBM PC-совместимого компьютера определяется рядом свойств, обеспечивающих возможность функционирования программного обеспечения, управляющего подключенным оборудованием. Программы могут взаимодействовать с устройствами разными способами:

- используя вызовы функций операционной системы (прерывания DOS, API Windows и т. п.);
- используя вызовы функций базовой системы ввода-вывода (BIOS);
- непосредственно взаимодействуя с известным им «железом» — портами и памятью устройств или контроллеров интерфейсов.

Такой «толстый пирог» из слоев совместимости существует благодаря изначальной открытости архитектуры первых IBM PC и сохранения имеющихся решений (пусть иногда и не самых лучших) в последующих моделях, обрастающих новыми узлами.

Облик PC-совместимого компьютера в значительной степени определяется разработчиками из фирм Microsoft и Intel. Для этих фирм стало уже традицией выпускать объемистый документ, диктующий разработчикам аппаратуры требования для получения вожаемого логотипа «Designed for Microsoft Windows».

В настоящее время действует спецификация *PC 99 System Design Guide*, опубликованная Microsoft Press в 1998 году. Провозглашенные в ней требования вступили в действие с 1 июля 1999 года и относятся к компьютерам, предназначенным для работы под ОС Windows 98 или Windows 2000 (в спецификации последняя называлась NT Workstation 5.0). Эти требования не распространяются на специализированные серверы, а также на крохотные компьютеры PalmTop с ОС

Windows CE. Следующей стала более категоричная спецификация PC'2001, но пока еще не все компьютеры соответствуют и предыдущей.

В спецификациях определяются требования к функциональности и производительности всех подсистем компьютера, включая и периферийные устройства. Отдельные положения этих спецификаций упоминаются в разделах, посвященных конкретным подсистемам ПК.

## СТРУКТУРА ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Структурная схема современного IBM PC-совместимого компьютера приведена на рис. 27. Ядром компьютера является процессор (CPU), один или несколько;

ОЗУ (RAM); ПЗУ с BIOS (ROM BIOS) и интерфейсные средства, связывающие их между собой и с остальными компонентами. Эти средства на рисунке изображены в виде «облака», поскольку их формы разнообразны (шины, хабы). Это «облако» обычно имеет интерфейсы одной или нескольких шин расширения (PCI, ISA...), а также порта AGP. Стандартная архитектура PC определяет набор обязательных средств ввода-вывода и поддержки периферии — системы аппаратных прерываний (PIC 8259A), системы прямого доступа к памяти (DMA 8237A), трехканальный счетчик (8254), интерфейс клавиатуры и управления (KBC 8042), канал управления звуком, память и часы (CMOS RTC). На рисунке изображены лишь логические связи между этими устройствами; подразумевается, что с помощью средств того же «облака» они представлены своими стандартизованными регистрами в общедоступном пространстве ввода-вывода. Также подразумевается, что все компоненты получают требуемое питание, что превращает весь этот набор компонентов в работоспособный компьютер. Конечно же, он должен быть дополнен периферией: дисплеем со своим адаптером, подключаемым к порту AGP, шине расширения или прямо в «облако», контроллерами шин периферийных устройств (ATA, SCSI, USB...), интерфейсов портов (COM, LPT, GAME...), дисководов, аудиосредств и прочего. «Облако» вместе со средствами ввода-вывода и поддержки периферии реализуется чипсетом системной платы, который обычно включает в себя и вышеперечисленные интерфейсы.

Любой PC-совместимый компьютер имеет следующие характерные черты:

- процессор, программно совместимый с семейством x86 фирмы Intel;
- специфическая система распределения пространства адресов памяти;
- и традиционное распределение адресов пространства ввода-вывода с фиксированным положением обязательных портов и совместимостью их программной модели;
- систему аппаратных прерываний, позволяющую периферийным устройствам сигнализировать процессору о необходимости исполнения некоторых обслуживающих процедур;
- систему прямого доступа к памяти, позволяющую периферийным устройствам обмениваться массивами данных с оперативной памятью, не отвлекая на это процессор;
- набор системных устройств и интерфейсов ввода-вывода;
- унифицированные по конструктиву и интерфейсу шины расширения (ISA, EISA, MCA, VLB, PCI, PC Card, Card Bus), состав которых может варьироваться в зависимости от назначения и модели компьютера;
- базовую систему ввода-вывода (BIOS), выполняющую начальное тестирование и загрузку операционной системы, а также имеющую набор функций, обслуживающих системные устройства ввода-вывода.

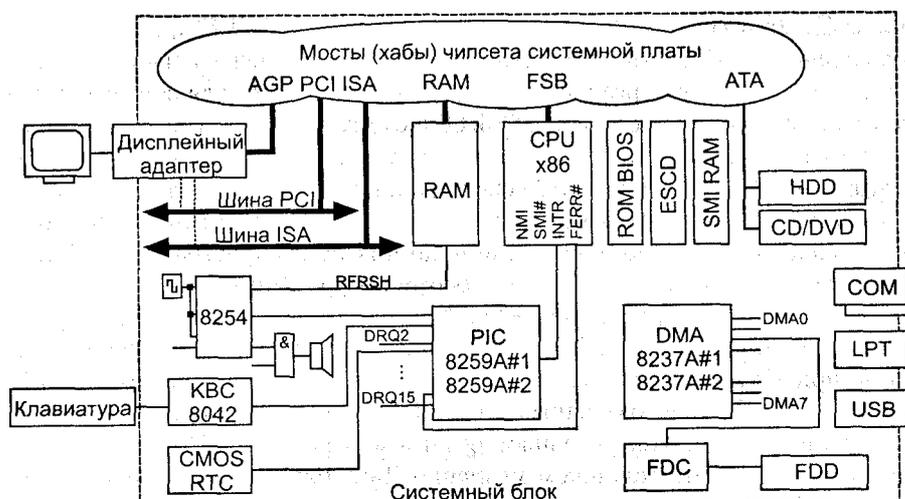


Рисунок 27. Структурная схема компьютера IBM

Персональный компьютер общего назначения имеет как минимум три составные части – системный блок, клавиатуру и дисплей. Клавиатуру с дисплеем можно назвать одним словом – консоль («выступающая» часть компьютера, обращенная к оператору - пользователю). Этот минимум может расширяться дополнительными устройствами – манипуляторами (мышь, трекбол, джойстик), устройствами вывода (принтер, плоттер), устройствами ввода (сканер, считыватели штрих-кодов и магнитных карт), мультимедийными устройствами (модем, адаптер локальной сети, телефон) и рядом других. Эти дополнительные устройства либо встраиваются в системный блок, либо являются отдельными «коробками», подключаемыми к системному блоку.

Рассмотрим состав и назначение основных блоков ПК.

Примечание. Здесь и далее организация ПК рассматривается применительно к самым распространенным в настоящее время IBM PC-подобным компьютерам.

Устройства, подключаемые через интерфейсы последовательных шин (USB и Fire Wire), физически (кабелями) могут подключаться и к дисплею (или подставке под него), который теперь иногда выполняет и функцию кабельного центра (хаба). Это удобно, поскольку системный блок не обязательно держать под рукой, в то время как дисплей всегда должен быть перед глазами. Логически все эти устройства подключаются к системному блоку, но кабельное соединение становится «элегантнее» и переключения становятся проще. Некоторые периферийные устройства (чаще принтеры) могут иметь беспроводное соединение с системным блоком – через инфракрасный порт или по каналам радиосвязи Bluetooth.

Системный блок является центральным блоком компьютера, определяющим его основные характеристики – производительность (тип и тактовую частоту) процессора, объем оперативной и дисковой памяти, графическую систему, аудиосистему и ряд других. Системный блок включает ряд обязательных компонентов:

- системную плату;
- дисплейный адаптер;
- устройства дисковой памяти;
- набор разъемов для подключения внешних устройств;

- блок питания, систему охлаждения (вентиляции, особо актуальную для высокочастотных процессоров, высокооборотных винчестеров с мощными акселераторами).

В некоторых случаях дисплейный адаптер и дисковая память в некоторых случаях могут отсутствовать. В слоты системной платы могут быть установлены дополнительные расширения. Системный блок может иметь разные конструктивные исполнения, и перечисленные элементы в них komponуются по-разному.

Микропроцессор (МП). Это центральный блок ПК, предназначенный для управления работой всех блоков машины и для выполнения арифметических и логических операций над информацией.

Системная шина. Это основная интерфейсная система компьютера, обеспечивающая сопряжение и связь всех его устройств между собой.

Системная шина включает в себя:

*кодovou шину данных (КШД)*, содержащую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов числового кода (машинного слова) операнда;

*кодovou шину адреса (КША)*, включающую провода и схемы сопряжения для параллельной передачи всех разрядов кода адреса ячейки основной памяти или порта ввода-вывода внешнего устройства;

*кодovou шину инструкций (КШИ)*, содержащую провода и схемы сопряжения для передачи инструкций (управляющих сигналов, импульсов) во все блоки машины;

*шину питания*, имеющую провода и схемы сопряжения для подключения блоков ПК к системе энергопитания.

Системная шина обеспечивает три направления передачи информации:

- между микропроцессором и основной памятью;
- между микропроцессором и портами ввода-вывода внешних устройств;
- между основной памятью и портами ввода-вывода внешних устройств (в режиме прямого доступа к памяти).

Не блоки, а точнее их порты ввода-вывода, через соответствующие унифицированные разъемы (стыки) подключаются к шине единообразно: непосредственно или через *контроллеры (адаптеры)*. Управление системной шиной осуществляется микропроцессором либо непосредственно, либо, что чаще, через дополнительную микросхему- *контроллер шины*, формирующий основные сигналы управления.

Основная память (ОП). Она предназначена для хранения и оперативного обмена информацией с прочими блоками машины. ОП содержит два вида запоминающих устройств: постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) и оперативное запоминающее устройство (ОЗУ).

Внешняя память. Она относится к внешним устройствам ПК и используется для долговременного хранения любой информации, которая может когда-либо потребоваться для решения задач. В частности, во внешней памяти хранится все программное обеспечение компьютера. Внешняя память содержит разнообразные виды запоминающих устройств, но наиболее распространенными, имеющимися практически на любом компьютере, являются накопители на жестких (HDD) и гибких (HD) магнитных дисках.

Назначение этих накопителей - хранение больших объемов информации, запись и выдача хранимой информации по запросу в оперативное запоминающее устройство. В качестве устройств внешней памяти используются также запоминающие устройства на магнитной дискете, накопители на оптических

дисках (CD-ROM-Compact Disk Read Only, DVD, Memory-компакт-диск с памятью, только читаемой) и др.

Источник питания. Это блок, содержащий системы автономного и сетевого энергоснабжения ПК.

Таймер. Это внутримашинные электронные часы, обеспечивающие при необходимости автоматический съём текущего момента времени (год, месяц, часы, минуты, секунды и доли секунд). Таймер подключается к автономному источнику питания - аккумулятору и при отключении машины от сети продолжает работать.

Внешние устройства (ВУ). Это важнейшая составная часть любого вычислительного комплекса. Достаточно сказать, что по стоимости ВУ иногда составляют 50-80% всего ПК. От состава и характеристик ВУ во многом зависят возможность и эффективность применения ПК в системах управления и в народном хозяйстве в целом.

ВУ ПК обеспечивают взаимодействие машины с окружающей средой пользователями, объектами управления и другими ЭВМ. ВУ весьма разнообразны и могут быть классифицированы по ряду признаков. Так, по назначению можно выделить следующие виды ВУ:

- внешние запоминающие устройства (ВЗУ) или внешняя память ПК;
- диалоговые средства пользователя;
- устройства ввода информации;
- устройства вывода информации;
- средства связи и телекоммуникации.

*Диалоговые средства* пользователя включают в свой состав видеомониторы (дисплеи), реже пультовые пишущие машинки (принтеры с клавиатурой) и устройства речевого ввода-вывода информации.

*Видеомонитор (дисплей)* - устройство для отображения вводимой и выводимой из ПК информации.

*Дисплей*— основное устройство вывода текстовой, графической и видеoinформации, подключается к выходному разъёму графического адаптера. К компьютеру может быть подключено и более одного дисплея, хотя такой вариант подключения встречается редко. В качестве дисплея (основного или дополнительного) может быть использован и обычный телевизор, если графический адаптер имеет соответствующий интерфейс (или имеется специальный конвертор).

*Устройства речевого ввода-вывода* относятся к средствам мультимедиа. Устройства речевого ввода - это различные микрофонные акустические системы, "звуковые мыши", например, со сложным программным обеспечением, позволяющим распознавать произносимые человеком буквы и слова, идентифицировать их и закодировать.

Устройства речевого вывода - это различные синтезаторы звука, выполняющие преобразования цифровых кодов в буквы и слова, воспроизводимые через динамики или звуковые колонки, подсоединенные к компьютеру.

К *устройствам ввода информации* относятся:

*клавиатура* - устройство для ручного ввода числовой, текстовой и управляющей информации в ПК. *Клавиатура* — самое привычное устройство ввода символьной информации — подключается к специализированному интерфейсу системной платы или же шине USB. Отметим, что клавиатура может использоваться и необычным для нее образом — например, с ее помощью можно управлять объектами в играх, а также исполнять музыкальные произведения, если назначить ее примитивным MIDI-контроллером;

*графические планшеты (диджитайзеры)* -для ручного ввода графической информации, изображений путем перемещения по планшету специального

указателя (пера ); при перемещении пера автоматически выполняются считывание координат его местоположения и ввод этих координат в ПК;

*сканеры* - для автоматического считывания с бумажных носителей и ввода в ПК машинописных текстов, графиков, рисунков, чертежей; в устройстве кодирования сканера в текстовом режиме считанные символы после сравнения с эталонными контурами специальными программами преобразуются в коды ASCII, а в графическом режиме считанные графики и чертежи преобразуются в последовательности двумерных координат;

*манипуляторы* (устройства указания): джойстик- рычаг, мышь, трекбол-шар в оправе, световое перо и др. - для ввода графической информации на экран дисплея путем управления движением курсора по экрану с последующим кодированием координат курсора и вводом их в ПК;

*сенсорные экраны* - для ввода отдельных элементов изображения, программ или команд с полиэкрана дисплея в ПК.

К устройствам вывода информации относятся:

*Принтеры* - печатающие устройства для регистрации информации на бумажный носитель;

*графопостроители (плоттеры)* - для вывода графической информации (графиков, чертежей, рисунков) из ПК на бумажный носитель; плоттеры бывают векторные с вычерчиванием изображения с помощью пера и растровые: термографические, электростатические, струйные и лазерные. По конструкции плоттеры подразделяются на планшетные и барабанные. Основные характеристики всех плоттеров примерно одинаковые: скорость вычерчивания-100-1000 мм/с, у лучших моделей возможны цветное изображение и передача полутонов; наибольшая разрешающая способность и четкость изображения у лазерных плоттеров, но они самые дорогие.

Устройства *связи и телекоммуникации* для связи с приборами и другими средствами автоматизации (согласователи интерфейсов, адаптеры, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи и т.п.) и для подключения ПК к каналам связи, к другим ЭВМ и вычислительным сетям (сетевые интерфейсные платы, "стыки", мультиплексоры передачи данных, модемы).

В частности *сетевой адаптер* является внешним интерфейсом ПК и служит для подключения его к каналу связи для обмена информацией с другими ЭВМ, для работы в составе вычислительной сети. В глобальных сетях функции сетевого адаптера выполняет модулятор- демодулятор.

Многие из названных выше устройств относятся к условно выделенной группе - средствам мультимедиа.

Средства мультимедиа (multimedia- многосредовость) - это комплекс аппаратных и программных средств, позволяющих человеку общаться с компьютером, используя самые разные, естественные для себя среды: звук, видео, графику, тексты, анимацию и др.

К средствам мультимедиа относятся устройства речевого ввода и вывода информации; широко распространенные уже сейчас сканеры (поскольку они позволяют автоматически вводить в компьютер печатные тексты и рисунки); высококачественные видео- (video-) и звуковые (sound-) платы, платы видеозахвата (videograbber), снимающие изображение с видеомagneтофона или видеокамеры и вводящие его в ПК; высококачественные акустические и видеовоспроизводящие системы с усилителями, звуковыми колонками, большими видеозэкранами. Но, пожалуй, еще с большим основанием к средствам мультимедиа относят внешние запоминающие устройства большой емкости на оптических дисках, часто используемые для записи звуковой и видеоинформации.

Прерывание - временный останов выполнения одной программы в целях оперативного выполнения другой, а в данный момент более важной (приоритетной) программы.

Прерывания возникают при работе компьютеры постоянно. Достаточно сказать, что все процедуры ввода-вывода информации выполняются по прерываниям, например прерывания от таймера возникают и обслуживаются контроллером прерываний 18 раз в секунду (естественно, пользователь их не замечает).

*Контроллер прерываний* обслуживает процедуры прерывания, принимает запрос на прерывание от внешних устройств, определяет уровень приоритета этого запроса и выдает сигнал прерывания в МП. МП, получив этот сигнал, приостанавливает выполнение текущей программы и переходит к выполнению специальной программы обслуживания того прерывания, которое запросило внешнее устройство. После завершения программы обслуживания восстанавливается выполнение прерванной программы.

## ВНУТРИМАШИННЫЙ СИСТЕМНЫЙ ИНТЕРФЕЙС

*Внутримашинный системный интерфейс* - система связи и сопряжения узлов и блоков ЭВМ между собой -представляет собой совокупность электрических линий связи (проводов), схем сопряжения с компонентами компьютера, протоколов (алгоритмов) передачи и преобразования сигналов.

Существует два варианта организации внутримашинного интерфейса.

1. *Многосвязный интерфейс*: каждый блок ПК связан с прочими блоками своими локальными проводами; интерфейс применяется, как правило, только в простейших бытовых.

2. *Односвязный интерфейс*: все блоки ПК связаны друг с другом через общую или системную шину.

В подавляющем большинстве современных ПК в качестве системного интерфейса используется *системная шина*. Структура и состав системной шины были рассмотрены ранее. Важнейшими функциональными характеристиками системной шины являются : количество обслуживаемых ею устройств и ее пропускная способность , т.е. максимально возможная скорость передачи информации . Пропускная способность шины зависит от ее разрядности ( есть шины 8-,16-,32- и 64- разрядные) и тактовой частоты , на которой шина работает .

В качестве системной шины в разных ПК использовались и могут использоваться:

*шины расширений* - шины общего назначения, позволяющие подключать большое число самых разнообразных устройств;

*локальные шины*, специализирующиеся на обслуживании небольшого количества устройств определенного класса.

### Шины расширений

Шина *Multibus 1* имеет две модификации: PC/XT bus (personal Computer extended Technology)- ПК с расширенной технологией) и PC/AT bus (PC Advachnology - ПК с усовершенствованной технологией).

*Шина PC/XT bus* - 8-раазрядная шина данных и 20-разрядная шина адреса, рассчитанная на тактовую частоту 4,77 МГц; имеет 3 линии для адаптерных прерываний и 3 канала для прямого доступа в память ( каналы DMA - Direkt

Memory Access). Шина адреса ограничивала адресное пространство микропроцессора величиной 1 Мбайт . Используется с МП 8086,8088.

*Шина PC/At bus*- 16 разрядная шина данных и 24-разрядная шина адреса, рабочая тактовая частота до 8 МГц, но может использоваться и МП с тактовой частотой 16 МГц ,так как контроллер шины может делить частоту пополам ; имеет 7 линий для адаптерных прерываний и 4 канала DMA . Используется с МП 80286

*Шина ISA* ( Industry Standard Architecture - архитектура промышленного стандарта ) - 16-разрядная шина данных и 24-разрядная шина адреса, рабочая тактовая частота 16 МГц, но может использоваться и МП с тактовой частотой 50 МГц (коэффициент деления увеличен ); по сравнению с шинами PC/XT и PC /AT увеличено количество линий аппаратных прерываний с 7 до 15 и каналов прямого доступа к памяти DMA с 7 до 11. Благодаря 24-разрядной шине адреса адресное пространство увеличилось с 1 до 16 Мбайт. Теоретическая пропускная способность шины данных равна 16 Мбайт /с, но реально она ниже, около 3-5 Мбайт/с, ввиду ряда особенностей ее использования. С появлением 32-разрядных высокоскоростных МП шина ISA стала существенным препятствием увеличения быстродействия ПК.

*Шина EISA* ( Extended ISA ) - 32-разрядная шина данных и 32-разрядная шина адреса, создана в 1989 г. Адресное пространство шины 4 Гбайта, пропускная способность 33 Мбайт /с, причем скорость обмена по каналу МП- КЭШ -ОП определяется параметрами микросхем памяти , увеличено число разъемов расширений , ( теоретически может подключаться до 15 устройств , практически до- 10 ). Улучшена система прерываний ,шина EISA обеспечивает автоматическое конфигурирование системы и управление DMA ; полностью совместима с шиной ISA( есть разъемы для подключения ISA ) ,шина поддерживает многопроцессорную архитектуру вычислительных систем. Шина EISA весьма дорогая и применяется в скоростных ПК , сетевых серверах и рабочих станциях.

*Шина MCA* ( Micro Channel Architecture) - 32-разрядная шина, созданная фирмой IBM в 1987 г. для машин PC /2 , пропускная способность 76 Мбайт/с рабочая частота 10-20 МГц. По своим прочим характеристикам близка к шине EISA но не совместима ни с ISA, ни с EISA. Поскольку ЭВМ PS/2 не получили широкого распространения, в первую очередь ввиду отсутствия наработанного обилия прикладных программ, шина MCA также используется не очень широко.

## ЛОКАЛЬНЫЕ ШИНЫ

Современные вычислительные системы характеризуются:

- стремительным ростом быстродействия микропроцессоров (например, МП Pentium может выдавать данные со скоростью 528 Мбайт /с по 64-разрядной шине данных) и некоторых внешних устройств (так, для отображения цифрового полноэкранного видео с высоким качеством необходима пропускная способность 22 Мбайт/с );

- появлением программ, требующих выполнения большого количества интерфейсных операций (например, программы обработки графики в Windows, работа в среде Multimedia).

В этих условиях пропускной способности шин расширения, обслуживающих одновременно несколько устройств, оказалось недостаточно для комфортной работы пользователей, ибо компьютеры стали подолгу "задумываться".

Разработчики интерфейсов пошли по пути создания локальных шин, подключаемых непосредственно к шине МП, работающих на тактовой частоте МП, (но не на внутренней рабочей его частоте) и обеспечивающих связь с некоторыми

скоростными внешними по отношению к МП, устройствами: основной и внешней памятью, видеосистемами и др.

Сейчас существуют два основных стандарта универсальных локальных шин : VLB и PCI.

*Шина VLB* (VESA Local Bus- локальная шина VESA) -разработана в 1992 г. Ассоциацией стандартов видеооборудования (VESA - Video Electronics Standards Association) , поэтому часто ее называют шиной VESA.

*Шина VLB* , по существу, является расширением внутренней шины МП для связи с видеоадаптером и реже с винчестером, на подходе 64-разрядный вариант шины. Реальная скорость передачи данных по VLB -80 Мбайт /с (теоретически достижимая - 132 Мбайт /с).

*Недостатки* шины:

- рассчитана на работу МП 80386 ,80486 , не адаптирована для процессоров Pentium, Pentium Pro , Power PC;
- жесткая зависимость от тактовой частоты МП (каждая шина VLB рассчитана только на конкретную частоту);
- малое количество подключаемых устройств - к шине VLB могут подключаться только четыре устройства;
- отсутствует арбитраж шины - могут быть конфликты между подключаемыми устройствами.

Шина PCI (Peripheral Component Interconnect - соединение внешних устройств)- разработана в 1993 г. фирмой Intel.

Шина PCI является на много более универсальной, чем VLB. Имеет свой адаптер, позволяющий ей настраиваться на работу с любым МП: 80486, Pentium , Pentium Pro , Power PC и др.; она позволяет подключать 10 устройств самой разной конфигурации с возможностью автоконфигурирования, имеет свой "арбитраж", средства управления передачей данных. Шина PCI пока еще весьма дорогая.

Разрядность PCI -32 бита с возможностью расширения до 64 бит, теоретическая пропускная способность 132 Мбайта/с (реальная вдвое ниже).

Шина PCI хотя и является локальной, выполняет и многие функции шины расширения, в частности, шины расширения ISA, EISA, MCA (а она совместима с ними) при наличии шины PCI подключаются не посредственно к МП (как это имеет место при использовании шины VLB) а к самой шине PCI (через интерфейс расширения).

Варианты конфигурации систем с шинами VLB и PCI показаны соответственно на рис. 28 и 29. Следует иметь ввиду, что использование в ПК шин VLB и PCI возможно только при наличии соответствующей VLB - или PCI-материнской платы.

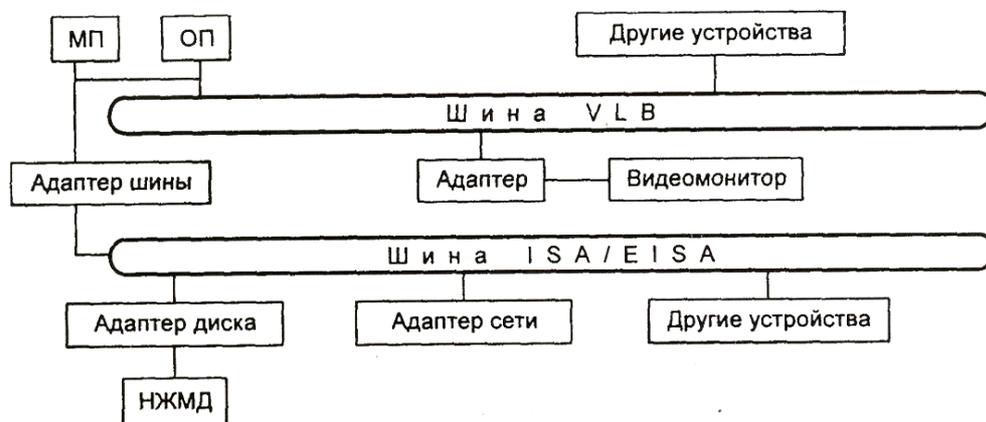


Рисунок 28. Конфигурация системы с шиной VLB



Рисунок 29. Конфигурация системы с шиной PCI

Выпускаются материнские платы с мультишинной структурой, позволяющей использовать ISA/EISA, VLB и PCI, так называемые материнские платы с шиной VIP (по начальным буквам VLB, ISA и PCI).

Но в настоящее время платы с шинами VLB не производится и отмирает шина ISA, появились новые шины, такие как AGP, предназначенные для видеоадаптеров с высокой пропускной способностью или так называемые 3D ускорители.

### КАРТЫ, СОКЕТЫ, СЛОТЫ, ДЖАМПЕРЫ...

Определим некоторые термины, относящиеся к аппаратным средствам современных компьютеров. Рассмотрим варианты названий основных элементов компьютера.

*Системной платой* (system board), или *материнской платой* (mother board), называют основную печатную плату, на которой устанавливается процессор, оперативная память, ROM BIOS и некоторые другие системные компоненты.

*Карты (платой) расширения* (expansion card) называют печатную плату с краевым разъемом, устанавливаемую в слот расширения. Карты расширения, привносящие в PC какой-либо дополнительный интерфейс, называют *интерфейсными картами* (interface card). Поскольку интерфейсная карта представляет собой «приспособление» для подключения какого-либо устройства, к ней применимо и название *адаптер* (adapter). К примеру, дисплейный адаптер (display adapter) служит для подключения дисплея-монитора. Названия «интерфейсная карта», «адаптер» и «контроллер» зачастую считаются синонимами, хотя адаптеры и контроллеры могут размещаться и на системной плате. Рисунки 14 и 15 иллюстрируют легкую различимость карт ISA, PCI, AGP и VLB по виду и расположению краевых разъемов. Допустимая длина карты может быть ограничена особенностями корпуса и компоновкой элементов системной платы (иногда ее установке мешают высокие элементы). Максимальная длина карты расширения составляет 335 мм, при этом ее передний край должен входить в направляющие полозья, установленные на корпусе. Полную длину и высоту (full size) имеют только очень старые или достаточно сложные адаптеры. Большинство адаптеров короче и ниже, встречаются и фигурно вырезанные платы — этим экономится расходуемый материал.

*Слот* (slot) — это щелевой разъем, в который устанавливается какая-либо печатная плата. *Слот расширения* (expansion slot) в PC представляет собой разъем системной шины в совокупности с прорезью в задней стенке корпуса компьютера — то есть посадочное место для установки карты расширения. Слоты расширения имеют разъемы шин ISA/EISA, PCI, AGP, MCA, VLB или PC Card (PCMCIA). Внутренние слоты используются и для установки модулей оперативной памяти (DIMM), кэш-памяти (COAST), процессоров (Pentium II/III, Athlon), а также процессорных модулей и модулей памяти в некоторых моделях PC.

У карт PCI и AGP, в отличие от ISA/EISA и VLB, компоненты (микросхемы и другие детали) расположены на левой стороне печатной платы (на рис. 30 и 31 платы изображены со стороны компонентов). Для экономии места на системной плате используют так называемый разделяемый слот (Shared Slot). На самом деле это разделяемое окно на задней стенке корпуса, которое может использоваться либо картой ISA, либо картой PCI. Таким образом, максимальное суммарное количество доступных адаптеров оказывается на единицу меньшим, чем видимое количество слотов.

*Сокет* (socket) представляет собой гнездо, в которое устанавливаются микросхемы. Его контакты рассчитаны на микросхемы со штырьковыми выводами в корпусах DIP, PGA во всех модификациях или же микросхемы в корпусах SOJ и PLCC с выводами в форме буквы «J». Сокет *ZIF-Socket* (Zero Insertion Force — с нулевым усилием вставки) предназначен для легкой установки при высокой надежности контактов. Эти гнезда имеют замок, открыв который можно установить или изъять микросхему без приложения усилия к ее выводам. Для работы после установки замок закрывают, при этом контакты сокета плотно обхватывают выводы микросхемы.

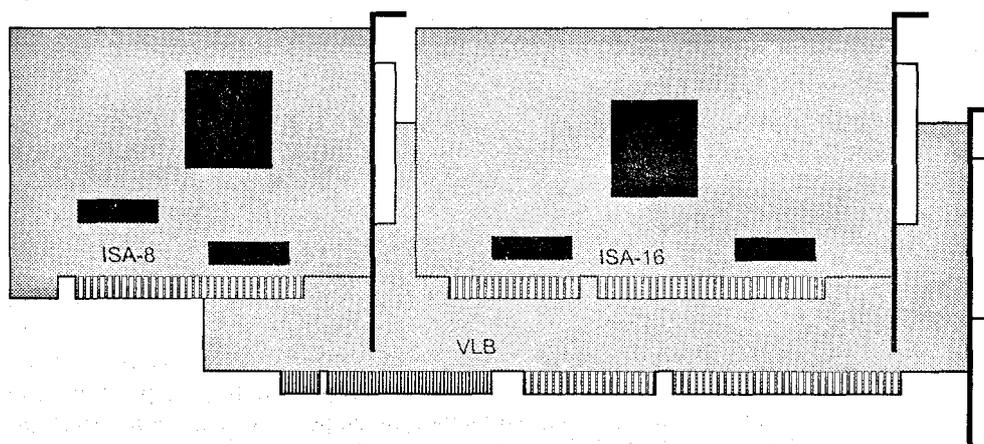


Рисунок 30. Карты расширения ISA и VLB

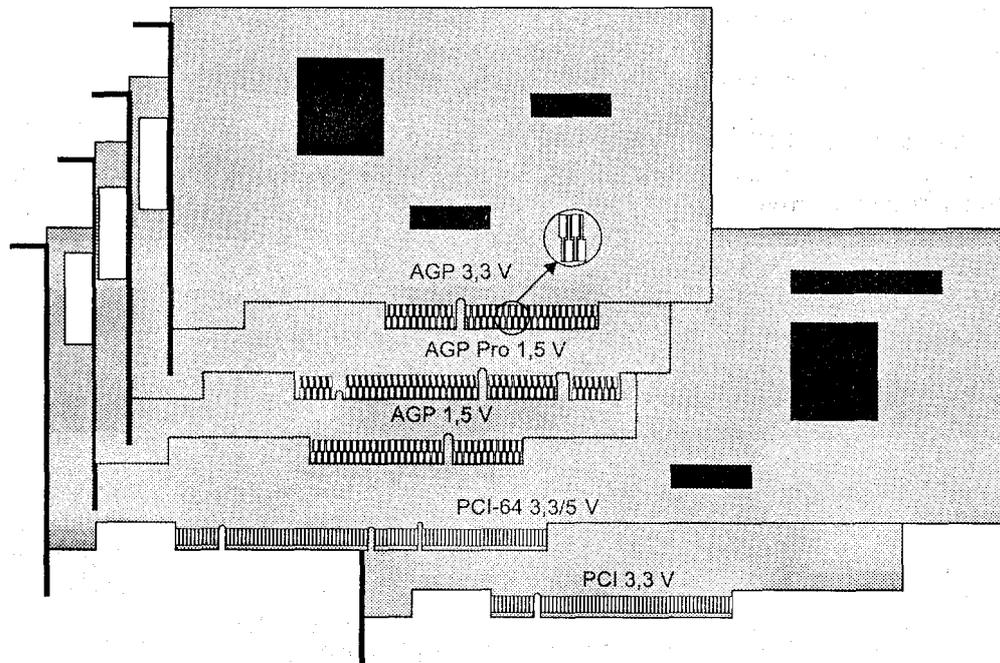


Рисунок 31. Карты расширения PCI и AGP

*Джампер* (jumper) представляет собой съемную перемычку, устанавливаемую на торчащие из печатной платы штырьковые контакты (рис.32,а). Джамперы используются для конфигурирования различных компонентов как выключатели или переключатели, для которых не требуется оперативного управления. Джамперы переставляют с помощью пинцета, что рекомендуется делать только при выключенном питании, поскольку есть опасность их уронить в неподходящее место или замкнуть пинцетом близко расположенные контакты.

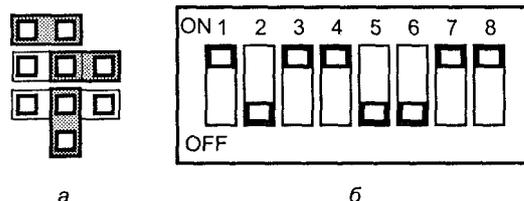


Рисунок 32. Аппаратные средства конфигурирования:  
а—джампер; б—DIP-переключатель.

*DIP-переключатели* (DIP switches) представляют собой малогабаритные выключатели в корпусе DIP (рис.32,б), применяемые для тех же целей, что и джамперы. Их преимущество в более легком переключении, которое удобно производить шариковой ручкой. Недостатком переключателей является большее, по сравнению с джамперами, занимаемое на плате место и более высокая цена. Кроме того, несмотря на название, они обычно являются только выключателями, что делает их применение менее гибким, чем применение джамперов.

В современных компонентах стремятся сокращать количество переключателей или джамперов, стараясь переложить все конфигурационные функции на программно-управляемые электронные компоненты. Платы (карты), в которых удается изжить джамперы полностью (но которые требуют конфигурирования), называют *jumperless cards* — карты, свободные от джамперов. Компоненты, кото-

рые после установки конфигурируются автоматически, относят к классу PnP (Plug and Play — вставляй и играй).

*Чип* (chip) — это полупроводниковая микросхема, причем обычно неявно подразумевается ее функциональная сложность. В данной книге это слово больше не встретится — автору больше нравится слово «микросхема». *Чипсет* (chip set) — это «набор интегральных схем, при подключении которых друг к другу формируется функциональный блок вычислительной системы» (формулировка из толкового словаря по вычислительным системам, к которой можно добавить слово «специализированных»). Чипсеты широко применяются в системных платах, графических контроллерах и других сложных узлах, функции которых в одну микросхему заложить не удастся.

## КАБЕЛИ И РАЗЪЕМЫ

Для соединения устройств и узлов РС применяются различные разъемы, из которых здесь перечислим следующие.

Разъемы *D-muna* (рис.33) используются для подключения внешних устройств — мониторов, принтеров, модемов, манипуляторов и т. п. Розетки (female, в просторечии «мамы») обозначаются как *DB-xxS*, где *xx* — количество контактов. Вилки (male — «папы») обозначаются как *DB-xxP*. Ключом является D-образный кожух, однако трехрядные разъемы кабелей мониторов почему-то довольно легко удается вставить «вверх ногами». Назначение разъемов, выходящих на заднюю стенку РС, стандартизовано (табл.2).

Разъемы *IDC* (Insulation-Displacement Connector — разъем, смещающий изоляцию) получили название от способа присоединения кабеля. Контакты этих разъемов со стороны, обращенной к кабелю, имеют ножи, подрезающие и смещающие изоляцию проводников кабеля. Эти разъемы предназначены в основном для использования ленточных кабелей шлейфов, хотя в них возможна заделка и одиночных проводников. Для заделки кабелей в эти разъемы существуют специальные инструменты-прессы, но при необходимости можно обойтись и плоской отверткой (и умелыми руками). Разъемы *IDC* существуют для краевых печатных разъемов (рис.34,а) и штырьковых контактов (рис.34,б). Разъемы могут иметь ключи: для печатных разъемов это прорезь и соответствующая ей перемычка, расположенная ближе к первым контактам. Для штырьковых разъемов ключом является выступ на корпусе, но этот ключ сработает, только если ответная часть имеет пластмассовый бандаж с прорезью. Дешевые варианты штырьковых разъемов бандажа не имеют.



корпуса — подключения накопителей, а также подключения внешних разъемов к системной плате и картам расширения.

Разъемы типа *Centronics* (рис.35) применяют на принтерах и внешних устройствах SCSI.

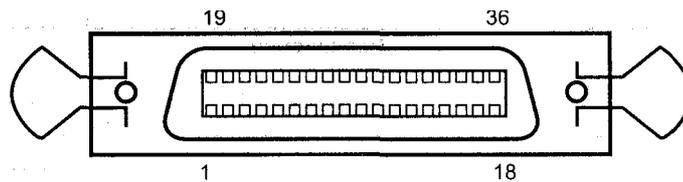


Рисунок 35. Разъемы типа Centronics

### Контрольные вопросы:

1. Нарисуйте структурную схему персонального компьютера.
2. Перечислите основные блоки ПК и их назначение
3. Как организован внутримашинный системный интерфейс?
4. Какие виды шины расширений существуют?
5. Что относится к локальным шинам?
6. Перечислите карты.
7. Что такое сокет, слоты.
8. Назначение джамперов.

## ГЛАВА 7. ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ПК. МИКРОПРОЦЕССОРЫ.

- Функциональные устройства ПК
- Основными характеристиками ПК
- Микропроцессоры
- Устройство управления микропроцессора
- Интерфейсная часть микропроцессора

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ПК

Основными характеристиками ПК являются:

1. *Быстродействие, производительность, тактовая частота.*

Единицами измерения быстродействия служат:

МИПС (MIPC -Vega Instruction Per Second)- миллион операций над числами с фиксированной запятой (точкой):

МФЛОПС (MFLOPS- Mega Floating Operations Second)- миллион операций над числами с плавающей запятой (точкой);

КОПС (KOPS- Kilo Operations Per Second)-для низкопроизводительных ЭВМ - тысяча неких усредненных операций над числами;

ГФЛОПС (GFLOPS - Giga Floating Operations Per Second) -миллиард операций в секунду над числами с плавающей запятой (точкой).

Оценка производительности ЭВМ всегда приблизительная, ибо при этом ориентируются на некоторые усредненные или, наоборот, на конкретные виды операций. Реально при решении различных задач используются и различные наборы операций. Поэтому для характеристики ПК вместо производительности обычно указывают тактовую частоту, более объективно определяющую быстродействие машины. И так как каждая операция требует для своего выполнения вполне определенного количество тактов. Зная тактовую частоту, можно достаточно точно определить время выполнения любой машинной операции.

2. *Разрядность машины и кодовых шин интерфейса.*

*Разрядность*-это максимальное количество разрядов двоичного числа, над которым одновременно может выполняться машинная операция, в том числе и операция передачи информации; чем больше разрядность, тем, при прочих равных условиях, будет больше и производительность ПК.

3. *Типы системного и локальных интерфейсов.*

Разные типы интерфейсов обеспечивают разные сроки передачи информации между узлами машины, позволяют подключать разное количество внешних устройств и различные их виды.

4. *Емкость оперативной памяти.*

Емкость оперативной памяти измеряется чаще всего в мегабайтах (Мбайт). Напоминаем: 1 Мбайт = 1024 Кбайта = 1024 байт.

Многие современные прикладные программы при оперативной памяти емкостью меньше 32 Мбайт просто не работают, либо работают, но очень медленно.

Следует иметь в виду, что увеличение емкости основной памяти в два раза, помимо всего прочего, дает повышение эффективной производительности ЭВМ при решении сложных задач примерно в 1,7 раза.

5. *Емкость накопителя на жестких магнитных дисках. (винчестера HDD).*

Емкость винчестера измеряется обычно в мегабайтах или гигабайтах (1 Гбайт = 1024 Мбайта).

6. *Тип и емкость накопителей на гибких магнитных дисках и лазерных компакт дисков.*

Сейчас применяются накопители на гибких магнитных дисках, использующие дискеты размером 3,5 и 5,25 дюйма (практически уже не применяются) (1 дюйм = 25,4 мм). Первые имеют стандартную емкость 1,44 Мбайта, вторые 1,2 Мбайта. Также применяются накопители на компакт дисках в связи с их низкой стоимостью и большой емкостью, размером 650 и 700 Мб, применяются лазерные перезаписываемые диски CD-RW емкостью 650 – 700 Мб. Применяются и такой тип накопителя как DVD. Высокие технологии и высокая стоимость, но и большая емкость до 24 Gb.

7. *Виды и емкость КЭШ-памяти.*

КЭШ-память - это буферная, недоступная для пользователей быстродействующая память, автоматически используемая компьютером для ускорения операций с информацией, хранящейся в более медленно действующих запоминающих устройствах. Например, для ускорения операций с основной памятью организуется регистровая КЭШ-память внутри микропроцессора (КЭШ-память первого уровня) или вне микропроцессора на материнской плате (КЭШ-память второго уровня); для ускорения операций с дисковой памятью организуется КЭШ-память на ячейка электронной памяти.

Следует иметь в виду, что наличие КЭШ-памяти емкостью 256 Кбайт увеличивает производительность ПК примерно на 20%. Встречается емкость КЭШ-памяти и 512 Кбайт.

8. *Тип видеомонитора (дисплея) и видеоадаптера.*

9. *Тип принтера.*

10. *Наличие математического сопроцессора.*

Математический сопроцессор позволяет в десятки раз ускорить выполнение операций над двоичными числами с плавающей запятой и над двоично-кодированными десятичными числами.

11. *Имеющееся программное обеспечение и вид операционной системы.*

12. *Аппаратная и программная совместимость с другими типами ЭВМ.*

Аппаратная и программная совместимость с другими типами ЭВМ означает возможность использования на компьютере соответственно тех же технических элементов и программного обеспечения, что и на других типах машин.

13. *Возможность работы в вычислительной сети.*

14. *Возможность работы в многозадачном режиме.*

Многозадачный режим позволяет выполнять вычисления одновременно по нескольким программам (многопрограммный режим) или для нескольких пользователей (многопользовательский режим). Совмещение во времени работы нескольких устройств машины, возможное в таком режиме, позволяет значительно увеличить эффективное быстродействие ЭВМ.

15. *Надежность.*

Надежность - это способность системы выполнять полностью и правильно все заданные ей функции. Надежность ПК измеряется обычно средним временем наработки на отказ.

16. *Стоимость.*

17. *Габариты и масса*

## ПРОЦЕССОРЫ

Процессоры, установленные в компьютерах XT, AT-286 и AT-386, обычно заменять не приходилось: выходят из строя они сами по себе крайне редко — скорее откажут другие компоненты системной платы, а замена процессора на более мощный обычно не предусматривалась. В этих компьютерах чаще приходится сталкиваться с установкой математического сопроцессора. Для этого следует установить микросхему сопроцессора в соответствующую колодку (обратив внимание на ключ) и установить признак сопроцессора в CMOS Setup. Некоторые версии BIOS не имеют специального параметра разрешения и автоматически обнаруживают его присутствие во время теста POST. В XT для включения сопроцессора необходимо было переключить соответствующий DIP-переключатель конфигурации. Начиная с процессоров 486, сопроцессор стал частью основного процессора (включая и микросхему Intel487, которая является комбинацией CPU+FPU).

Начиная с процессоров 486, процедура модернизации посредством замены процессора на более мощный - стала традиционной. Системные платы стали выпускать с расчетом на различные модификации и тактовые частоты процессоров — получился своеобразный конструктор «собери сам». Процессоры стали устанавливать в стандартизованные ZIF-сокеты (Zero Insertion Force, колодка с нулевым усилием вставки), а затем и в слоты — щелевые двухрядные разъемы. Назначение выводов разъемов поначалу определялось процессорами-первопроходцами от фирмы Intel, а другие фирмы в своих процессорах выдерживали совместимость с этими сокетами. Начиная с процессоров K7, фирма AMD повела свою линию сокетов и слотов. Унификация расположения выводов процессоров одного класса и наличие конфигурационных переключателей на системных платах позволяет пользователю (даже не слишком подготовленному.) легко заменять старые процессоры на более мощные.

Платы для симметричных мультипроцессорных систем (пятого и шестого поколений) имеют пару сокетов (слотов). В них устанавливают процессоры, пригодные для использования в таких конфигурациях. До недавних пор в мультипроцессорных системах применялись только процессоры фирмы Intel — конкурирующие фирмы (AMD, Cyrix и IBM) мультипроцессорированием не занимались. Эту «традицию» нарушила фирма AMD своим новым процессором Athlon. Шина процессоров P6 поддерживает непосредственное объединение до четырех процессоров (Pentium Pro и Xeon), но на системных платах больше двух слотов обычно не размещают (не хватает места). В четырехпроцессорных системах чаще применяют двухпроцессорные модули, устанавливаемые в общую системную плату или кросс-плату. Следует помнить, что в симметричных мультипроцессорных системах внутренние частоты всех процессоров должны совпадать (внешняя частота у них одна, поскольку исходит от общего генератора синхронизации). Для этих целей лучше брать все процессоры с одним степпингом и одинаково устанавливать для них конфигурационные джамперы.

### Регистры процессора

Процессоры x86 имеют регистры, подразделяющиеся на следующие категории:

- регистры общего назначения;
- указатель инструкций;
- регистр флагов;
- регистры сегментов;

- системные адресные регистры;
- управляющие регистры;
- регистры отладки;
- регистры тестирования;
- модельно-специфические (зависящие от конкретной модели процессора) регистры.

Основные регистры процессора архитектуры IA-32, с которыми работают прикладные программы, показаны на рис. 26. Эти регистры относятся к видимой для прикладных программ части архитектуры x86 и представляют собой расширение набора регистров 16-разрядных процессоров 8086/8088 и 80286. К прежнему обозначению их имен добавилась приставка E (Extended — расширенный). Отсутствие приставки в имени означает ссылку на младшие 16 бит расширенных регистров. Существует понятие *разрядности адреса и данных*. *Разрядность адреса* определяет, сколько бит (16 или 32) используется в регистрах, формирующих адрес данных или инструкций, расположенных в памяти. *Разрядность данных* определяет, сколько бит (16 или 32) используется в инструкциях, оперирующих словами (инструкции с байтами всегда оперируют с 8 битами). В реальном режиме по умолчанию разрядность адреса и данных — 16 бит. В защищенном режиме разрядность адреса и данных по умолчанию определяется дескриптором кодового сегмента. Инструкции, которые прежде адресовались к 16-разрядным регистрам, теперь могут адресоваться и к 32-разрядным расширенным регистрам (рис.36) при том же коде операции. Что именно подразумевается в данный момент, определяется текущим значением разрядности слова операнда по умолчанию и для текущей исполняемой инструкции может быть изменено на противоположное значение с помощью префикса.



Рисунок 36. Основные регистры 32-разрядных процессоров

Кроме регистров общего назначения, предназначенных для использования прикладными программами, процессоры имеют ряд *регистров системного назначения* (на рисунке не показаны). Эти регистры прикладными программами обычно не используются.

*Модельно-специфические регистры MSR (Model-Specific Registers)* предназначены для управления расширениями отладки, мониторингом производительности, машинным контроллером, кэшированием областей физической памяти и другими функциями. Их назначение привязывается к архитектуре конкретного процессора, состав меняется от модели, доступ привилегирован. Доступность регистров различных групп зависит от режима работы процессора и уровня привилегий задачи. Регистры общего назначения, а

также регистры сегментов доступны всегда; доступ к остальным регистрам может быть ограничен.

## МИКРОПРОЦЕССОРЫ

Микропроцессор, иначе, центральный процессор (CPU, от англ. Central Processing Unit) — это основной рабочий компонент компьютера, который выполняет арифметические и логические операции, заданные программой, управляет вычислительным процессом и координирует работу всех устройств компьютера.

Центральный процессор в общем случае содержит в себе:

- арифметико-логическое устройство;
- шины данных и шины адресов;
- регистры;
- счетчики команд;
- кэш — очень быструю память малого объема (от 8 до 512 Кбайт);
- математический сопроцессор чисел с плавающей точкой.

Современные процессоры выполняются в виде микропроцессоров. Физически микропроцессор представляет собой интегральную схему — тонкую пластинку кристаллического кремния прямоугольной формы площадью всего несколько квадратных миллиметров, на которой размещены схемы, реализующие все функции процессора. Кристалл-пластинка обычно помещается в пластмассовый или керамический плоский корпус и соединяется золотыми проводками с металлическими штырьками, чтобы его можно было присоединить к системной плате компьютера.

В вычислительной системе может быть несколько параллельно работающих процессоров; такие системы называются многопроцессорными.

Первый микропроцессор был выпущен в 1971 г. фирмой Intel (США) - МП 4004. В настоящее время выпускается несколько сотен различных микропроцессоров, но наиболее популярными и распространенными являются микропроцессоры фирм IBM, Intel, AMD и Cyrix.

## УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРА

*Устройство управления* является функционально наиболее сложным устройством ПК. Он вырабатывает управляющие сигналы, поступающие по кодовым шинам инструкций во все блоки машины.

Упрощенная функциональная схема УУ показана на рис. 37. Здесь представлены:

*Регистр команд* - запоминающий регистр, в котором хранится код команды: код выполняемой операции и адреса операндов, участвующих в операции. Регистр команд расположен в интерфейсной части МП, в блоке регистров команд.

*Дешифратор операций* - логический блок, выбирающий в соответствии с поступающим из регистра команд кодом операции (КОП) один из множества имеющихся у него выходов.

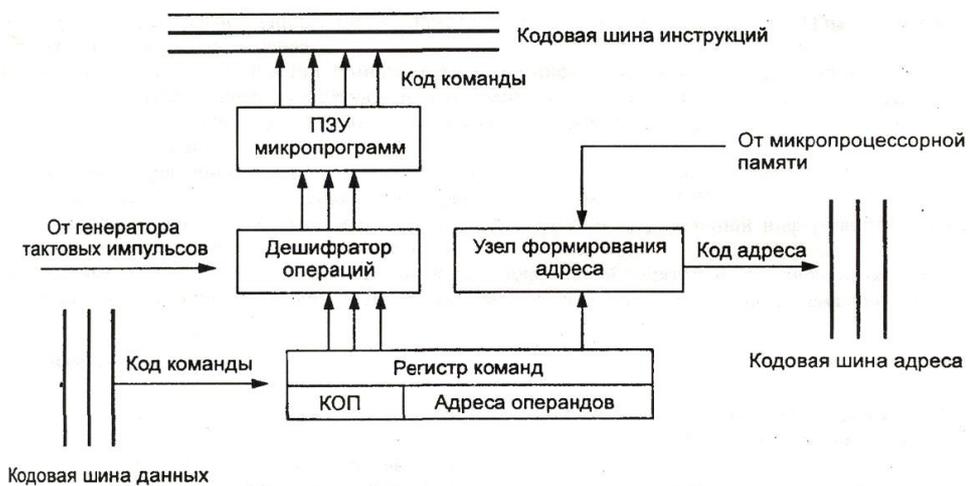


Рисунок 37. Увеличенная схема устройства управления

Постоянное запоминающее устройство микропрограмм - хранит в своих ячейках управляющие сигналы (импульсы), необходимые для выполнения в блоках ПК операций обработки информации. Импульс по выбранному дешифратором операций в соответствии с кодом операции считывает из ПЗУ микропрограмм необходимую последовательность управляющих сигналов.

Узел формирования адреса (находится в интерфейсной части МП)-устройство, вычисляющее полный адрес ячейки памяти (регистра) по реквизитам, поступающим из регистра команд и регистров МПП.

Кодовые шины данных, адреса и инструкций - часть внутренней шины микропроцессора. В общем случае УУ формирует управляющие сигналы для выполнения следующих основных процедур.

- выборки из регистра-счетчика адреса команды МПП адреса ячейки ОЗУ, где хранится очередная команда программы;
- выборки из ячеек ОЗУ кода очередной команды и приема считанной команды в регистр команд;
- расшифровки кода операции и признаков выбранной команды;
- считывания из соответствующих расшифрованному коду операции ячеек ПЗУ микропрограмм управляющих сигналов (импульсов), определяющих во всех блоках машины процедуры выполнения заданной операции, и пересылки управляющих сигналов в эти блоки;
- считывания из регистра команд и регистров МПП отдельных составляющих адресов операндов (чисел), участвующих в вычислениях, и формирования полных адресов операндов;
- выборки операндов (по сформированным адресам) и выполнения заданной операции обработки этих операндов;
- записи результатов операции в память;
- формирования адреса следующей команды программы.

### **Арифметико-логическое устройство**

*Арифметико-логическое устройство* предназначено для выполнения арифметических и логических операций преобразования информации.

Функционально АЛУ (рис. 38) состоит обычно из двух регистров, сумматора и схем управления (местного устройства управления).

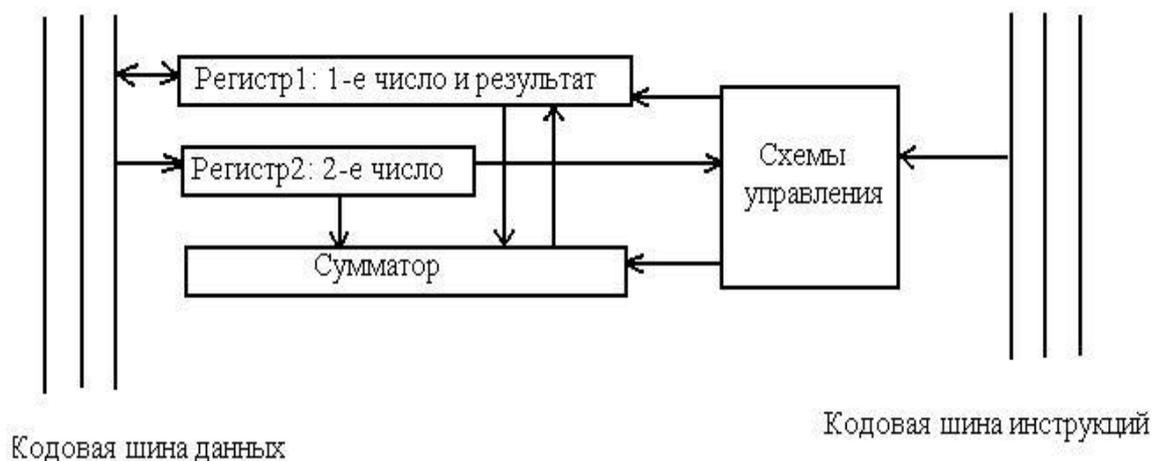


Рисунок 38. Функциональная схема АЛУ

Сумматор - вычислительная схема, выполняющая процедуру сложения поступающих на ее вход двоичных кодов; сумматор имеет разрядность двойного машинного слова.

Регистры быстродействующие ячейки памяти различной длины: регистр 1 (Rg1) имеет разрядность двойного слова, а регистр 2 (Rg2)-разрядность слова.

При выполнении операции в Rg1 помещается первое число, участвующее в операции, а по завершении операции - результат; в Rg2- второе число, участвующее в операции (по завершении операции информация в нем не изменяется). Регистр 1 может принимать информацию с кодовых шин данных, и выдавать информацию с этих шин.

Схемы управления принимают по кодовым шинам инструкций управляющие сигналы от устройства управления и преобразуют их в сигналы для управления работой регистров и сумматора АЛУ.

АЛУ выполняет арифметические операции (+,-,\*,:)-только над двоичной информацией с запятой, фиксированной после последнего разряда, т.е. только над целыми двоичными числами.

Выполнение операций над двоичными числами с плавающей запятой и над двоично-кодированными десятичными числами осуществляется или с привлечением математического сопроцессора, или по специально составленным программам.

### Микропроцессорная память

*Микропроцессорная память* - память небольшой емкости, но чрезвычайно высокого быстродействия (время обращения к МПП, т.е. время, необходимое на поиск, запись или считывание информации из этой памяти, измеряется наносекундами).

Она предназначена для кратковременного хранения, записи и выдачи информации, непосредственно в ближайшие такты работы машины участвующей в вычислениях; МПП используется для обеспечения высокого быстродействия машины, ибо основная не всегда обеспечивает скорость записи, поиска и считывания информации, необходимую для эффективной работы быстродействующего микропроцессора.

Микропроцессорная память состоит из быстродействующих регистров с разрядностью не менее машинного слова. Количество и разрядность регистров в разных микропроцессорах различны.

Регистры микропроцессора делятся на регистры общего назначения и специальные.

Специальные регистры применяются для хранения различных адресов (адреса команды, например), признаков результатов выполнения операций и режимов работы ПК (регистр флагов, например) и др.

Регистры общего назначения являются универсальными и могут использоваться для хранения любой информации, но некоторые из них тоже должны быть обязательно задействованы при выполнении ряда процедур.

### **Интерфейсная часть микропроцессора**

Интерфейсная часть МП предназначена для связи и согласования МП системной шиной ПК, а также для приема, предварительного анализа команд выполняемой программы и формирования полных адресов операндов и команд.

Интерфейсная часть включает в свой состав адресные регистры МПП, узел формирования адреса, блок регистров команд, являющийся буфером команд в МП, внутреннюю интерфейсную шину МП и схемы управления шиной и портами ввода-вывода.

*Порты ввода-вывода* - это пункты системного интерфейса ПК, через которые МП обменивается информацией с другими устройствами. Всего портов у МП может быть 65536. Каждый порт имеет адрес - номер порта, соответствующий адресу ячейки памяти, являющейся частью устройства ввода-вывода, использующего этот порт, а не частью основной памяти компьютера.

Порт устройства содержит аппаратуру сопряжения и два регистра памяти - для обмена данными и обмена управляющей информацией. Некоторые внешние устройства используют и основную память для хранения больших объемов информации, подлежащей обмену. Многие стандартные устройства (НЖМД, НГМД, клавиатура, принтер, сопроцессор и др.) имеют постоянно закрепленные за ними порты ввода-вывода.

Схема управления шиной и портами выполняет следующие функции:

- формирование адреса порта и управляющей информации для него (переключение порта на прием или передачу и др.);
- прием управляющей информации от порта, информации о готовности порта и его состоянии;
- организацию сквозного канала в системном интерфейсе для данных между портом устройства ввода-вывода и МП.

Схема управления шиной и портами использует для связи с портами кодовые шины инструкций, адреса и данных системной шины: при доступе к порту МП посылает сигнал по КШИ, который оповещает все устройства ввода-вывода, что адрес на КША является адресом порта, а затем посылает и сам адрес порта. То устройство, адрес порта которого совпадает, дает ответ о готовности, после чего по КЩД осуществляется обмен данными.

Последовательность работы блоков ПК

Программа хранится во внешней памяти ПК. При запуске программы в работу пользователь выдает запрос на ее исполнение в дисковую операционную систему (DOS- Disc Operation System) компьютера. Запрос пользователя - это ввод имени

исполняемой программы в командную строку на экране дисплея. Главная программа DOS-Command.com обеспечивает перезапись машинной (исполняемой) программы из внешней памяти в ОЗУ, в которой находится начало (первая команда) этой программы.

После этого автоматически начинается выполнение команд программы друг за другом. Каждая программа требует для своего исполнения нескольких тактов работы машины (такты определяются периодом следования импульсов от генератора тактовых импульсов). В первом такте выполнения любой команды производятся считывание кода самой команды из ОЗУ по адресу, установленному в регистре-счетчике адреса, и запись этого кода в блок регистров команд устройства управления. Содержание второго и последующих тактов исполнения определяется результатами анализа команды, записанной в блок регистров команд, т. е. зависит уже от конкретной команды.

**Пример.** При выполнении ранее рассмотренной машинной команды

СЛ	010	510
	3	2

будут выполнены следующие действия:

- второй такт: считывание из ячейки 0103 ОЗУ первого слагаемого и перемещение его в АЛУ;
- третий такт: считывание из ячейки 5102 ОЗУ второго слагаемого и перемещение его в АЛУ;
- четвертый такт: сложение в АЛУ переданных туда чисел и формирование суммы;
- пятый такт: считывание из АЛУ суммы чисел и запись ее в ячейку 0103

В конце последнего (в данном случае пятого) такта выполнения команды в регистр-счетчик адреса команд МПП будет добавлено число, равное количеству байтов, занимаемых кодом выполненной команды программы. Поскольку емкость одной ячейки памяти ОЗУ равна 1 байту и команды программы в ОЗУ размещены последовательно друг за другом, в регистре-счетчике адреса команд будет сформирован адрес следующей команды машинной программы, и машина приступит к ее исполнению и т.д. Команды будут выполняться последовательно одна за другой, пока не завершится вся программа. После завершения программы управление будет передано обратно в программу Command.com операционной системы.

### Сокеты и слоты

Для процессоров четвертого-пятого поколений их разработчики стремились к взаимной совместимости, причем не только программной, но и аппаратной. В любую системную плату можно было установить процессор из широкого спектра возможных – от Intel, AMD, Cyrix и других фирм.

Для установки процессоров 486 предназначены сокетов типов 1,2,3 и 6 (рис.39). Сокет 1 имеет 169 контактов матрицы 17x17, сокетов 2,3 и 6 имеют матрицу 19x19, внешние ряды которой не используются процессорами в корпусах PGA-168 и 169.

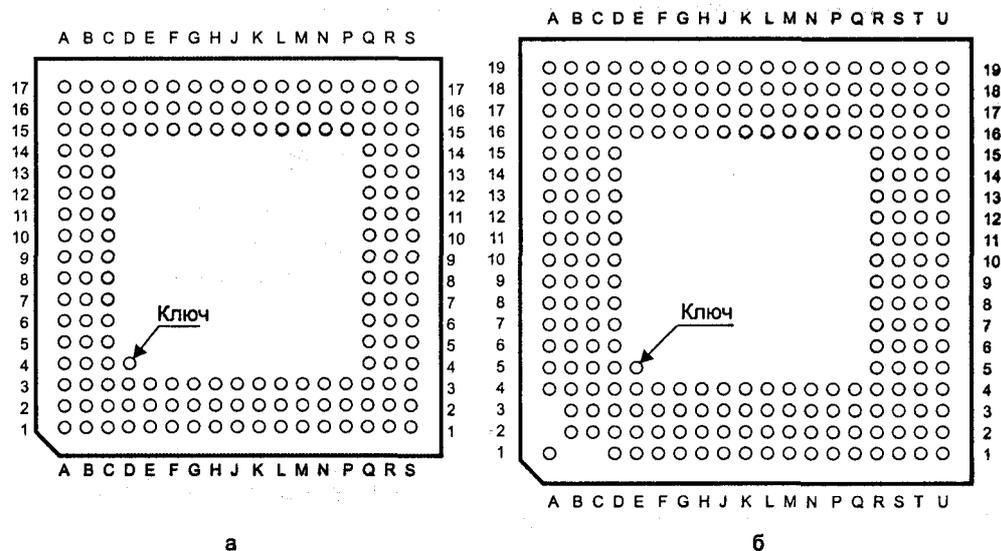


Рисунок 39. Сокеты для 486: а – сокет 1; б – сокеты 2,3 и 6

При этом три внутренних ряда контактов по назначению совпадают с разводкой выводов процессора 486, но имеют смещенную нумерацию: ножка A1 корпусов PGA-168 и 169 попадает в гнездо B2 матрицы 19x19. Внешние ряды матрицы используются как дополнительные контакты питания процессоров Pentium OverDrive. Сокет 3 отличается от сокета 2 возможностью питания 3 В. Мало-распространенный сокет 6 имеет питание только 3,3 В. В первых процессорах 486 применялся кэш только со сквозной записью (WT); сигналы, специфичные для WB-кэша, теоретически могут присутствовать (или отсутствовать) во всех этих типах сокетов. Поскольку выводы некоторых управляющих сигналов процессоров в корпусах PGA-168, PGA-169 и PGA-237 не совпадают, системные платы, поддерживающие разные модели, должны иметь джамперы для их перекоммутации.

Самый мощный процессор для этих сокетов — Аt5X86-P75, он же AMD-X5-133: при частоте ядра 133 МГц имеет производительность на уровне Pentium-75, питание 3,3 В (или 3,45 В), но, к сожалению, работает на полную мощность не на всех системных платах.

Для установки процессоров с интерфейсом Pentium существуют три типа сокетов — 4, 5 и 7 (рис.40). Интерфейс имеет 64-битную шину данных и 32-битную шину адреса, а также довольно простой протокол обмена, допускающий как одиночные, так и пакетные передачи данных. Пакетные передачи ориентированы на обмен данными между процессором и кэшированной оперативной памятью, причем вторичный кэш располагается на системной плате. Интерфейс допускает простое объединение до двух процессоров на одной шине, но в плане организации симметричных мультипроцессорных систем он уступает по эффективности интерфейсу процессоров P6, изначально ориентированному на транзакции от многих контроллеров шины (процессоров). Однако в настольных компьютерах мультипроцессорное до сих пор массово не используется (это слишком дорого).

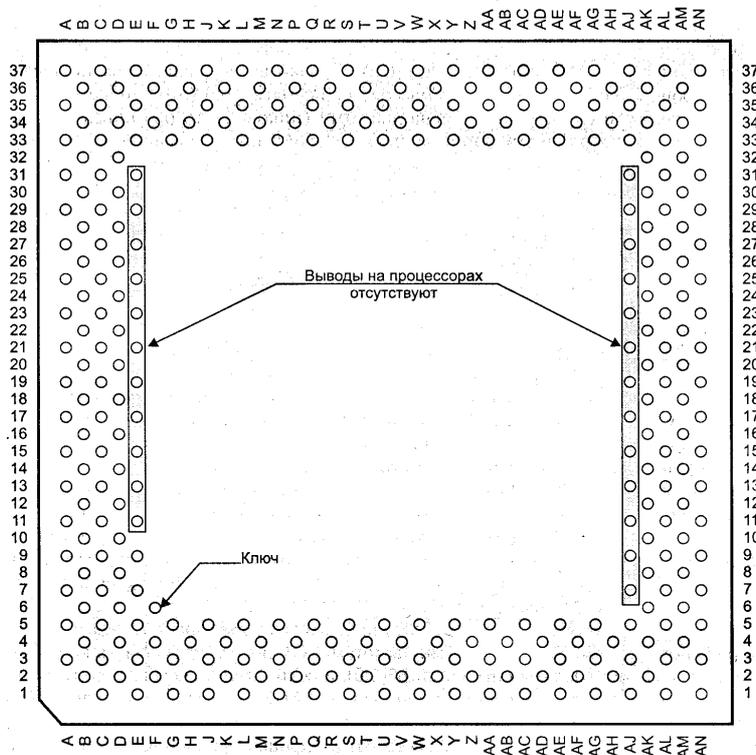


Рисунок 40. Сокеты 5 и 7

Что же касается скорости обмена данными (пиковой), то она определяется произведением разрядности шины данных (в обоих интерфейсах — по 64 бит) и тактовой частоты. Оба интерфейса стартовали с тактовой частоты 66 МГц, но AMD первой ее официально подняла до 100 МГц — так появился сокет Super 7. Правда, в процессорах P6 обмен процессора со вторичным кэшем системную шину не загружает, но лишь после того, как требуемая информация загружена в кэш через ту же шину. Атрибутом системной платы с сокетом

Super 7 стал и порт AGP, так что теоретически на них с успехом могут устанавливаться все современные графические карты. Современные контроллеры IDE с режимом UltraDMA-33/66, контроллеры памяти, шины USB и порты (COM и LPT) на платах Super 7 практически не отличаются от своих собратьев на платах под слот 1, 2 и сокет-370. Так что решающее слово — за процессором.

**Сокет 4** предназначен для процессоров Pentium первого поколения (60 и 66 МГц). Он имеет матрицу выводов 21x21 и напряжение питания 5 В. В нашей стране этот тип сокета широкого распространения не получил из-за дороговизны тогда еще новых процессоров; процессоры для этого сокета выпускала только 4шрма Intel.

**Сокет 5** (рис.40) предназначен для процессоров Pentium второго поколения с частотой до 100 МГц, у которых коэффициент умножения фиксирован (1,5) и в которых применяется одно напряжение питания — около 3,3 В. Выводы его матрицы размером 37x37 расположены в шахматном порядке. Из-за отсутствия разделения питания ядра и интерфейсных схем этот сокет приемлем не для всех процессоров с интерфейсом Pentium.

**Сокет 7** с такой же матрицей (37x37) предназначен для процессоров Pentium второго поколения с более высокими частотами. Он позволяет задавать коэффициент умножения частоты сигналами BF[1:0], а если системная плата с этим сокетом рассчитана на применение процессоров AMD, то имеется и сигнал BF2. Для установки процессоров с раздельным питанием ядра и интерфейсных схем (технология VRT, применяемая во всех MMX-процессорах P55C и последних «обычных» процессорах Pentium) сокет 7 предусматривает две шины питания Vcc2 и Ucc3. На системной плате при этом должны находиться два регулятора напряжения: для ядра (Vcc2) и интерфейсных схем (Ucc3). Их номинальные напряжения определяются типом процессора. Сокет 7, появившийся задолго до выхода Pentium MMX, для которого он был предназначен, оказался самым «долгоиграющим» — хотя фирма Intel «похоронила» его с процессорами Pentium MMX-233, конкуренты для него до сих пор выпускают процессоры. В соquete Super 7 «официальная» частота системной шины поднята до 100 МГц.

Фирма AMD для сокета 7 выпускала процессоры, начиная с K5, а сейчас уже K6, K6-2 и K6-III. Для этих процессоров (кроме K6-III) вторичный кэш располагается на

системной плате, что и уберегло конструктив от серьезных потрясений. Для сокета 7 процессоры выпускали и другие фирмы, но они постепенно ушли со сцены (включая и Cugix). Архитектура процессоров Кб относится к шестому поколению (предсказание ветвлений, изменение порядка исполнения инструкций и т. п.).

Для своих процессоров *шестого поколения* фирма Intel стала «радовать» пользователей калейдоскопом сокетов и слотов. Интерфейс системной шины процессоров P6 имеет большое число сигналов и сложный протокол, ориентированный на многопроцессорные системы. Лицензиями на использование шины P6 фирма не разбрасывалась, так что альтернативы процессорам Intel для новых сокетов и слотов долгое время не было (лишь недавно вышел VIA Cugix III для соке-та-370).

**Сокет 8** (рис.41) был разработан для процессора Pentium Pro. Для сокета 8 было выпущено всего несколько моделей процессоров Pentium Pro 150-200 МГц, правда, с разными вариантами вторичного кэша (от 0,5 до 2 Мбайт). После выхода модели процессора Pentium Pro 200 МГц (конец 1995 г.), на котором солидно выглядели серверы (особенно в 2-4-процессорной конфигурации), следующий процессор для сокета 8 появился в 1998 году — Pentium II OverDrive:

333 МГц, расширение MMX и урезание мультипроцессорирования лишь до двухпроцессорного. Недавно появился и переходник для установки Celeron (PPGA) в сокет 8 на платы для Pentium Pro (фирма PowerLeap). На этом переходнике установлен и регулятор напряжения, поскольку платы для Pentium Pro «не умеют» выдавать требуемого низкого напряжения питания.

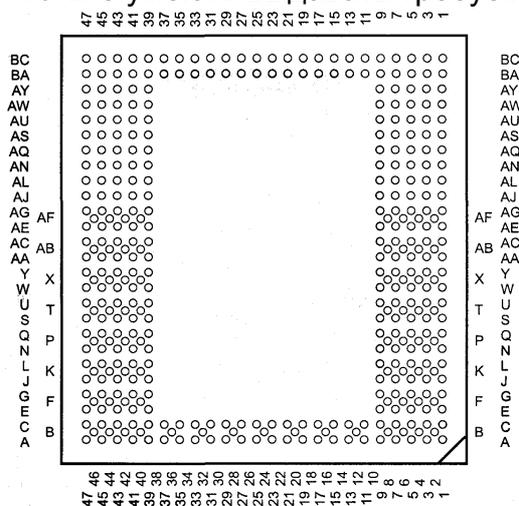


Рисунок 41. Сокет 8

В широкие массы потребителей процессоры шестого поколения начали внедряться в виде Pentium II, и под новый процессор фирма ввела новый *слот 1* (рис.42). Отказ от сокета (точнее, от традиционного корпуса процессора со штырьковыми выводами) был вызван технологическими сложностями размещения вторичного кэша рядом с процессорным ядром. При этом всех уверяли, что слот 1 (потом его назвали SC242) — это прогрессивно, всерьез и надолго. Однако для процессора Celeron, который поначалу выпустили вообще без вторичного кэша, появился *сокет 370*, но, якобы, только для дешевых процессоров Celeron в корпусе PGA. А процессор Celeron тем временем «обзавелся» вторичным кэшем — маленьким (128 Кбайт), но быстрым и совмещенным с кристаллом ядра. То есть необходимость в слоте вроде отпала, но перспективы сокета все равно не казались радужными. Фирма утверждала, что для сокета будет выпускаться только Celeron и частота системной шины выше 66 МГц ему не полагается. Для «серьезных» процессоров Pentium II, а позже и Pentium III с полноразмерным кэшем (512 Кбайт) продолжал позиционироваться слот 1 с частотой шины 66, 100 МГц, а затем и 133 МГц. А для «самых серьезных» есть еще и *слот 2* — у него и контактов больше (330 против 242), и картриджи для него крупнее (длина около 6" против 5"). В этих больших картриджах выпускают

процессоры Xeon — Pentium II и Pentium III, у которых кэш больше и быстрее (как, кстати, и у Pentium Pro). Тем временем частота ядра Celeron растет неуклонно, но частоту шины выше 66 МГц ему официально долгое время не поднимали. С Появлением Pentium III Coppermine с быстрым встроенным кэшем средних размеров для сокета-370 определили частоты шины 100 и 133 МГц, и теперь перспектив у слота 1 стало меньше, чем у сокета 370. И, наконец, только после появления Pentium 4 (для совсем другого сокета), процессоры Celeron получили частоту шины 100 МГц (начиная с частоты ядра 800 МГц).

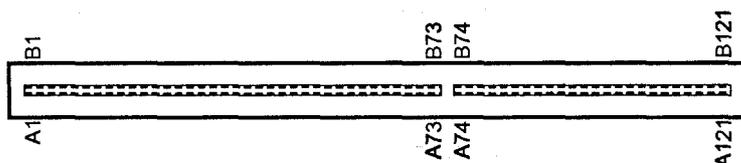


Рисунок 42. Слот 1 (SC242)

Для процессора Pentium 4 был введен новый сокет-423 (рис.43), не совместимый ни с какими прежними. О переходниках не может быть и речи, поскольку шина Pentium 4 сильно отличается от шины P6. Для этого процессора требуется мощный блок питания — процессор на 1,5 ГГц потребляет 70 Вт.

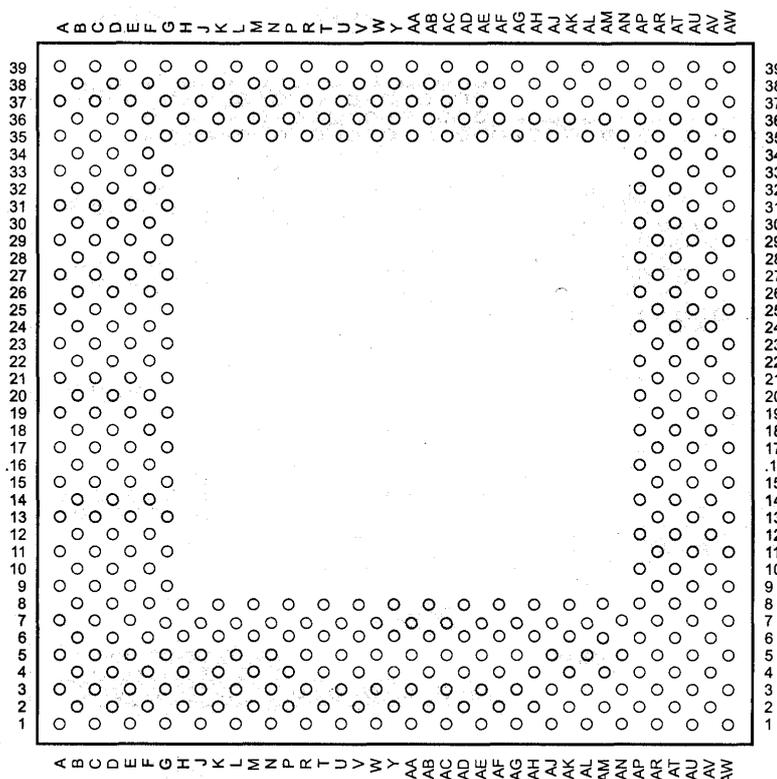


Рисунок 43. Сокет 423

Основные данные по ныне существующим сокетам и слотам приведены в табл.3. Новые процессоры сейчас выпускаются «только» для сокета 7 (Super 7), слота 1, слота 2, слота А, сокета 370, сокета 423 и сокета А, так что выбирая системную плату, приходится сначала определиться с типом желаемого процессора.

## Сокеты и слоты

Сокет (слот)	Число выводов	Матрица (слот)	Питание, В	Поддерживаемые процессоры
Сокет 1	168/169	17x17 PGA	5	486SX/SX2, DX/DX2 <sup>1</sup>
Сокет 2	238	19x19 PGA	5	486SX/SX2, DX/DX2, Pentium ODP <sup>2</sup>
Сокет 3	237	19x19 PGA	5 или 3,3	486 SX/SX2, DX/DX2, DX4, Pentium ODP, DX40DP, Am486, Am5x86-P75 (AMD-X5-133), Cx486, Cx5x86
Сокет 4	273	21x21 PGA	5	Pentium P5 60/66, Pentium 60/660DP
Сокет 5	320	37x37 SPGA	3,3	Pentium P54 75/100, Pentium 75/1000DP
Сокет 6	235	19x19 PGA	3,3	486DX4, DX4 Pentium ODP
Сокет 7 (Super 7)	321	37x37 SPGA	2,0-3,3/3,3	Pentium P54, P55 (MMX), P55C, P55CT, AMD K5, K6, K6-II, K6-I11 Cx&x86, 6x86MX, 6x86MII, VIA Cyrix Mil
Сокет 8	387	Модифицированная матрица 34x47 SPGA	2,1-3,5/3,3	P6 Pentium Pro, Pentium II OverDrive
Сокет 370 <sup>3</sup>	370	37x37 SPGA	1,3-2,05	Celeron, Pentium III, VIA Cyrix III
Сокет 423	423	39x39 SPGA	1,6	Pentium 4
Слот 1 SC242	242	Двухрядный слот 2x121	1,3-2,8/3,3	Pentium II/III, Celeron
Слот 2	330	Двухрядный слот 2x165	(1,3-2,8)/ (1,3-3,3)	Xeon (Pentium II/III)
Слот A	242	Двухрядный слот 2x121	(1,3-2,05)/ (2,5 или 3,3)	Athlon
Сокет A	462	-	-	Athlon, Duron

<sup>1</sup> Возможна установка DX4 с дополнительным стабилизатором напряжения 3,3 В.

<sup>2</sup> ODP - OverDrive Processor.

<sup>3</sup> Назначение выводов AM2, AM4, X4, E27 и S35 может быть различным (см. выше).

К сожалению, полной совместимости между всеми процессорами, устанавливаемыми в сокет (слот) одного типа, нет. Возможный тип устанавливаемого процессора определяется следующими свойствами системной платы:

- типом сокета (слота);
- наличием двух отдельных источников питания, если того требует процессор;
- возможностью установки требуемых напряжений питания процессора и допустимой мощности регуляторов напряжения;
- возможностью установки требуемой частоты синхронизации и коэффициента ее умножения;
- поддержкой процессора конкретной версией BIOS;
- указанием на применимость данного процессора, сделанным разработчиком системной платы в ее описании (или указанием конкретного типа системной платы в списке совместимости, публикуемом разработчиком процессора).

Последние разработки AMD процессоры типа Athlon (табл.4) вызывают все большую конкуренцию среди разработчиков.

Таблица 4

Процессоры AMD типа Athlon

	Athlon64 3000+	Athlon64 3200+	Athlon64 3400+	Athlon64 FX 51
Тактовая частота, МГц	2000	2000	2200	2200
Упаковка(Socket), контактов (pin)	754			940
Объем кэша L2, Кбайт	512	1024	1024	1024
Контроллер памяти	Одноканальный небуферизованный DDR400			Двухканальный регистровый DDR400 с поддержкой ECC

Обычные Athlon 64 устанавливаются в материнские платы с Socket 754, в то время как Opteron подобные Athlon 64 FX устанавливаются в платы с разъемом Socket 940.

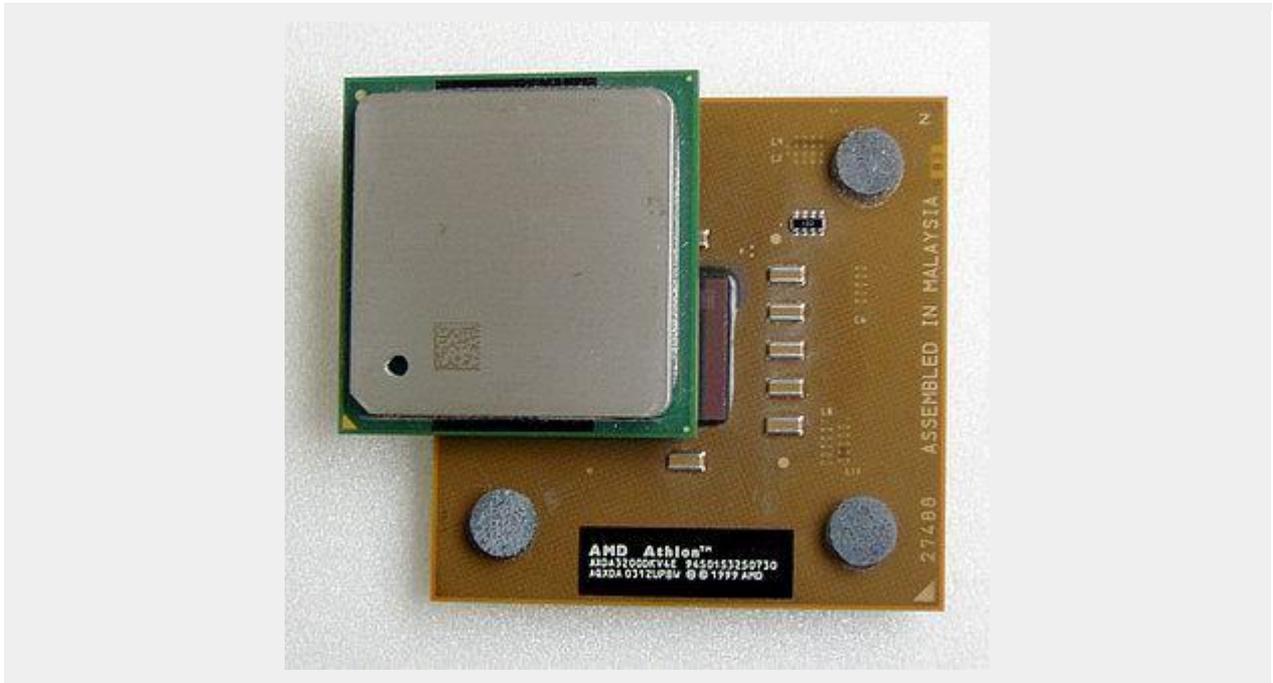
По внешнему виду процессоры AMD типа Athlon выглядят следующим образом



Процессор AMD Athlon64 3400+.

Рисунок 44.

На рынке производителей процессоров идет жесткая конкурентная борьба. Ежегодно компании производители стараются обойти друг друга и выпустить более мощный процессор.



*Процессоры Intel Pentium 4 3,2 ГГц и AMD Athlon XP 3200+.*

### **Контрольные вопросы.**

1. Какие функциональные устройства ПК Вы знаете?
2. Перечислите основные характеристики ПК.
3. Из чего состоит устройство управления микропроцессора?
4. Как происходят процессы в АЛУ микропроцессора?
5. Расскажите интерфейсную часть микропроцессора

## **ГЛАВА 8. ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА ПК**

- Разновидности памяти
- Оперативная и КЭШ-память
- Специальная память
- Внешняя память

### **РАЗНОВИДНОСТИ ПАМЯТИ**

Память компьютера построена из двоичных запоминающих элементов — **битов**, объединенных в группы по 8 битов, которые называются **байтами**. (Единицы измерения памяти совпадают с единицами измерения информации). Все байты пронумерованы. Номер байта называется его **адресом**.

Байты могут объединяться в ячейки, которые называются также **словами**. Для каждого компьютера характерна определенная длина слова — два, четыре или восемь байтов. Это не исключает использования ячеек памяти другой длины (например, полуслово, двойное слово).

Как правило, в одном машинном слове может быть представлено либо одно целое число, либо одна команда. Однако, допускаются переменные форматы представления информации.

Разбиение памяти на слова для четырехбайтовых компьютеров представлено в таблице 4:

Таблица 5

Байт 0	Байт 1	Байт 2	Байт 3	Байт 4	Байт 5	Байт 6	Байт 7
ПОЛУСЛОВО		ПОЛУСЛОВО		ПОЛУСЛОВО		ПОЛУСЛОВО	
СЛОВО				СЛОВО			
ДВОЙНОЕ СЛОВО							

Широко используются и более крупные производные единицы объема памяти: *Килобайт*, *Мегабайт*, *Гигабайт*, а также, в последнее время, *Терабайт* и *Петабайт*.

Современные компьютеры имеют много разнообразных запоминающих устройств, которые сильно отличаются между собой по назначению, временным характеристикам, объёму хранимой информации и стоимости хранения одинакового объёма информации.

Различают два основных вида памяти — внутреннюю и внешнюю.

В состав внутренней памяти входят оперативная память, кэш-память и специальная память.

Практически во всех подсистемах РС применяется электронная память, выступая в качестве оперативной памяти, кэш-памяти, постоянной памяти, полупостоянной памяти, буферной памяти, внешней памяти.

### **Основная, или Оперативная память.**

*Основная, или оперативная память* (Main Memory) используется для оперативного обмена информацией (командами и данными) между процессором, внешней памятью (например, дисковой) и периферийными подсистемами (графика, ввод-вывод, коммуникации и т. п.). Ее другое название — ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) — примерно соответствует английскому термину *RAM* (Random Access Memory) — память с произвольным доступом. Произвольность доступа подразумевает возможность операций записи или чтения с любой ячейкой ОЗУ в произвольном порядке. Требования, предъявляемые к основной памяти:

- большой (для электронной памяти) объем, исчисляемый уже десятками и даже сотнями мегабайт;
- быстродействие и производительность, позволяющие реализовать вычислительную мощность современных процессоров;
- высокая надежность хранения данных — ошибка даже в одном бите в принципе может привести к ошибкам вычислений, к искажению и потере данных, причем иногда и на внешних носителях.

*Оперативная память* — это быстрое запоминающее устройство не очень большого объёма, непосредственно связанное с процессором и предназначенное для записи, считывания и хранения выполняемых программ и данных, обрабатываемых этими программами.

Оперативная память используется только для временного хранения данных и программ, так как, когда машина выключается, все, что находилось в ОЗУ, пропадает. Доступ к элементам оперативной памяти прямой — это означает, что каждый байт памяти имеет свой индивидуальный адрес.

Объем ОЗУ обычно составляет 32 - 512 Мбайта, а для эффективной работы современного программного обеспечения желательно иметь не менее 256 Мбайт ОЗУ. Обычно ОЗУ исполняется из интегральных микросхем памяти DRAM (Dynamic RAM — динамическое ОЗУ). В качестве оперативной памяти используют микросхемы динамической памяти (DRAM) различных типов. На системную плату устанавливают модули SIMM («короткие» 30-контактные или «длинные» 72-контактные) с памятью DRAM, DIMM-168 (DRAM или SDRAM), DIMM-184 (DDR SDRAM) или RIMM (RDRAM). Платы с гнездами для микросхем в корпусах DIP или ZIP, а также модулей SIPP уже вышли из обращения. Микросхемы DRAM работают медленнее, чем другие разновидности памяти, но стоят дешевле. Бывает, что базовый объем (4Мб или 16) запаивается на системную плату непосредственно, а в зависимости от потребителей пользователя дополнительные модули устанавливаются в гнезда. Допустимый объем, возможные типы, организация и быстродействие памяти определяются чипсетом, количеством и типом разъемов (SIMM, DIMM, RIMM) для установки памяти с версией BIOS.

Каждый информационный бит в DRAM запоминается в виде электрического заряда крохотного конденсатора, образованного в структуре полупроводникового кристалла. Из-за токов утечки такие конденсаторы быстро разряжаются, и их периодически (примерно каждые 2 миллисекунды) подзаряжают специальные устройства. Этот процесс называется регенерацией памяти (Refresh Memory).

Современные микросхемы имеют ёмкость 1-16 Мбит и более. Они устанавливаются в корпуса и собираются в модули памяти.

Наиболее распространены модули типа DIMM и SIMM.

В модуле SIMM элементы памяти собраны на маленькой печатной плате длиной около 10 см. Ёмкость таких модулей неодинаковая — 256 Кбайт, 1, 2, 4, 8, 16, 32 и 64 Мбайта. Различные модули SIMM могут иметь разное число микросхем — девять, три или одну, и разное число контактов — 30 или 72.

Важная характеристика модулей памяти — время доступа к данным, которое обычно составляет 60 – 80 наносекунд.

В настоящее время SIMM'ы практически не применяются. На их смену пришли DIMM, а на смену DIMM приходят DDR и RIMM, но по сравнению с DIMM они имеют немного большую стоимость и соответственно повышенную скорость обмена.

Модули памяти устанавливаются банками (рядами). Банк работоспособен, только если он заполнен, причем однотипными микросхемами (модулями). В соответствии с этим выбирается необходимое количество модулей памяти:

- банк для процессоров Pentium и выше - 8 байт – один DIMM, RIMM или пара модулей SIMM-72;
- банк для процессоров 386DX и 486 – 4 байта - один SIMM-72 или четверка модулей SIMM-30;
- банк для процессоров AT-286 и 386SX – 2 байта – пара модулей SIMM-30.

Если системная плата поддерживает чередование банков DRAM (Bank Interleaving), то заполнение всех банков позволяет повысить производительность памяти. Но при этом осложняется наращивание объема памяти в будущем – вместо приобретения дополнительных модулей необходимо сделать их замену, что чуть дороже.

Память SDRAM, DDR SDRAM и RDRAM поддерживает чередование банков внутри микросхем, так, что лучше использование одного модуля требуемого объема, а при необходимости добавление дополнительных. На высоких частотах (133Гц) число устанавливаемых модулей может быть ограничено по сравнению с более низкой частотой. На современных системных платах объем корректно установленной памяти определяется автоматически (в отличие от первых машин, где его необходимо было задавать переключателями или джамперами). Однако память более 16 Мб может не восприниматься, если в CMOS Setup разрешено помещение образа ROM BIOS по границе 16 Мб. Некоторые версии BIOS при обнаружении изменения объема памяти просят подтвердить новое значение – войти в меню стандартного конфигурирования CMOS Setup и выйти с сохранением значений в CMOS.

#### **Кэш-память.**

*Кэш-память* (Cache Memory)— сверхоперативная память (СОЗУ), является буфером между ОЗУ и ее «клиентами» — процессором (одним или несколькими) и другими абонентами системной шины. Кэш-память не является самостоятельным хранилищем; информация в ней неадресуема клиентами подсистемы памяти, присутствие кэша для них «прозрачно». Кэш хранит копии блоков данных тех областей ОЗУ, к которым происходили последние обращения, и весьма вероятное последующее обращение к тем же данным будет обслужено кэш-памятью существенно быстрее, чем оперативной памятью. От эффективности алгоритма кэширования зависит вероятность нахождения затребованных данных в кэш-памяти и, следовательно, выигрыш в производительности памяти и компьютера в целом.

*Кэш-память* — очень быстрое ЗУ небольшого объема, которое используется при обмене данными между микропроцессором и оперативной памятью для компенсации разницы в скорости обработки информации процессором и несколько менее быстродействующей оперативной памятью.

Кэш-памятью управляет специальное устройство — контроллер, который, анализируя выполняемую программу, пытается предвидеть, какие данные и команды вероятнее всего понадобятся в ближайшее время процессору, и подкачивает их в кэш-память. При этом возможны как "попадания", так и "промахи". В случае попадания, то есть, если в кэш подкачаны нужные данные, извлечение их из памяти происходит без задержки. Если же требуемая информация в кэше отсутствует, то процессор считывает её непосредственно из оперативной памяти. Соотношение числа попаданий и промахов определяет эффективность кэширования.

Кэш-память реализуется на микросхемах статической памяти SRAM (Static RAM), более быстродействующих, дорогих и малоёмких, чем DRAM.

Современные микропроцессоры имеют встроенную кэш-память, так называемый кэш первого уровня размером 8–16 Кбайт. Кроме того, на системной плате компьютера может быть установлен кэш второго уровня ёмкостью от 64 Кбайт до 256 Кбайт и выше.

#### **Специальная память.**

К устройствам специальной памяти относятся постоянная память (ROM), перепрограммируемая постоянная память (Flash Memory), память CMOS RAM, питаемая от батарейки, видеопамять и некоторые другие виды памяти.

*Постоянная память* используется для энергонезависимого хранения системной информации — BIOS, таблиц знакогенераторов и т. п. Эта память при обычной работе компьютера только считывается, а запись в нее (часто называемая программированием) осуществляется специальными устройствами — программаторами. Отсюда и ее название — ROM (Read Only Memory — память только для

чтения) или ПЗУ (постоянное запоминающее устройство). Требуемый объем памяти этого типа невелик — например, BIOS PC/XT помещалась в 8 Кбайт, в современных компьютерах типовое значение — 128 Кбайт - 2 Мбайт. Быстродействие постоянной памяти обычно ниже, чем оперативной, но этот недостаток может быть исправлен применением теневой памяти. В последние годы постоянную память вытесняет *флэш-память*, запись в которую возможна в самом компьютере в специальном режиме работы, и другие типы энергонезависимой памяти (EEPROM, FRAM).

Постоянная память — энергонезависимая память, используется для хранения данных, которые никогда не потребуют изменения. Содержание памяти специальным образом “зашивается” в устройстве при его изготовлении для постоянного хранения. Из ПЗУ можно только читать.

Перепрограммируемая постоянная память (Flash Memory) — энергонезависимая память, допускающая многократную перезапись своего содержимого с дискеты.

Прежде всего в постоянную память записывают программу управления работой самого процессора. В ПЗУ находятся программы управления дисплеем, клавиатурой, принтером, внешней памятью, программы запуска и остановки компьютера, тестирования устройств.

Важнейшая микросхема постоянной или Flash-памяти — модуль BIOS.

BIOS (Basic Input/Output System — базовая система ввода-вывода) — совокупность программ, предназначенных для:

- автоматического тестирования устройств после включения питания компьютера;
- загрузки операционной системы в оперативную память.

Роль BIOS двоякая: с одной стороны это неотъемлемый элемент аппаратуры (Hardware), а с другой стороны — важный модуль любой операционной системы (Software).

Разновидность постоянного ЗУ — CMOS RAM.

CMOS RAM — это память с невысоким быстродействием и минимальным энергопотреблением от батарейки. Используется для хранения информации о конфигурации и составе оборудования компьютера, а также о режимах его работы.

Содержимое CMOS изменяется специальной программой Setup, находящейся в BIOS (англ. Setup — устанавливать, читается “сетап”).

Для хранения графической информации используется видеопамять.

Видеопамять (VRAM) — разновидность оперативного ЗУ, в котором хранятся закодированные изображения. Это ЗУ организовано так, что его содержимое доступно сразу двум устройствам — процессору и дисплею. Поэтому изображение на экране меняется одновременно с обновлением видеоданных в памяти

*Полупостоянная память* в основном используется для хранения информации о конфигурации компьютера. Традиционная память конфигурации вместе с часами-календарем (CMOS Memory и CMOS RTC) имеет объем несколько десятков байт, ESCD (Extended Static Configuration Data) — область энергонезависимой памяти, используемая для конфигурирования устройств Plug and Play — имеет объем несколько килобайт. Сохранность данных CMOS-памяти при отключении питания компьютера обеспечивается маломощной внутренней батарейкой или аккумулятором. В качестве полупостоянной применяется и *энергонезависимая память* — NV RAM (Non-Volatile RAM), которая, хранит информацию и при отсутствии питания.

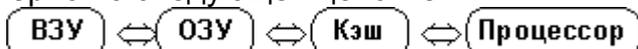
*Буферная память* различных адаптеров и контроллеров (коммуникационных, дисковых и пр.) обычно является разделяемой между процессором (точнее, абонентами системной шины) и контроллерами устройств. К этой памяти

относятся и 16-байтные FIFO-буферы COM-портов, и 16-мегабайтные (и более) кэш-буферы высокопроизводительных SCSI-адаптеров. Специфическим типом буферной памяти является *видеопамять* дисплейного адаптера — к ней производятся интенсивные обращения со стороны центрального процессора и графического акселератора одновременно с непрерывным процессом регенерации изображения.

Электронная память применяется и в качестве *внешней памяти* — накопителях Flash Drive для блокнотных ПК и автономных контроллеров и в других конструктивных исполнениях. Широкому распространению этих сверхбыстродействующих «дисков» препятствует очень высокая на сегодняшний день стоимость хранения информации, а также довольно медленная запись.

### Внешняя память.

Внешняя память (ВЗУ) предназначена для длительного хранения программ и данных, и целостность её содержимого не зависит от того, включен или выключен компьютер. В отличие от оперативной памяти, внешняя память не имеет прямой связи с процессором. Информация от ВЗУ к процессору и наоборот циркулирует примерно по следующей цепочке:



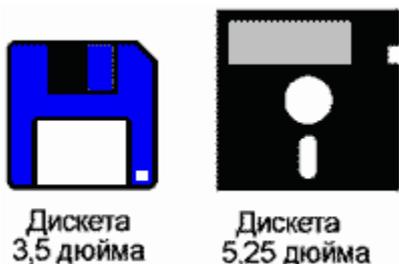
В состав внешней памяти компьютера входят:

- накопители на жёстких магнитных дисках;
- накопители на гибких магнитных дисках;
- накопители на компакт-дисках;
- накопители на магнито-оптических компакт-дисках;
- накопители на магнитной ленте (стримеры) и др.

Накопители на гибких магнитных дисках

Гибкий диск, дискета (англ. floppy disk) — устройство для хранения небольших объёмов информации, представляющее собой гибкий пластиковый диск в защитной оболочке (рис.45). Используется для переноса данных с одного компьютера на другой и для распространения программного обеспечения.

Рисунок 45. Внешний вид дискет



Дискета состоит из круглой полимерной подложки, покрытой с обеих сторон магнитным окислом и помещенной в пластиковую упаковку, на внутреннюю поверхность которой нанесено очищающее покрытие. В упаковке сделаны с двух сторон радиальные прорезы, через которые головки считывания/записи накопителя получают доступ к диску.

Способ записи двоичной информации на магнитной среде называется магнитным кодированием. Он заключается в том, что магнитные домены в среде выстраиваются вдоль дорожек в направлении приложенного магнитного поля своими северными и южными полюсами. Обычно устанавливается однозначное соответствие между двоичной информацией и ориентацией магнитных доменов.

Информация записывается по концентрическим дорожкам (трекам), которые делятся на секторы (рис.46). Количество дорожек и секторов зависит от типа и формата дискеты. Сектор хранит минимальную порцию информации, которая может быть записана на диск или считана. Ёмкость сектора постоянна и составляет 512 байтов. На дискете можно хранить от 360 Килобайт до 2,88 Мегабайт информации.

В настоящее время наибольшее распространение получили дискеты со следующими характеристиками: диаметр 3,5 дюйма (89 мм), ёмкость 1,44 Мбайт, число дорожек 80, количество секторов на дорожках 18.

Дискета устанавливается в накопитель на гибких магнитных дисках (англ. floppy-disk drive), автоматически в нем фиксируется, после чего механизм накопителя раскручивается до частоты вращения  $360 \text{ мин}^{-1}$ . В накопителе вращается сама дискета, магнитные головки остаются неподвижными. Дискета вращается только при обращении к ней.



Рисунок 46 . Поверхность магнитного диска.

Накопитель связан с процессором через контроллер гибких дисков.

Накопители на жестких магнитных дисках

Если гибкие диски — это средство переноса данных между компьютерами, то жесткий диск — информационный склад компьютера.

Накопитель на жестких магнитных дисках (англ. HDD — Hard Disk Drive) или винчестерский накопитель — это наиболее массовое запоминающее устройство большой ёмкости, в котором носителями информации являются круглые алюминиевые пластины — платтеры, обе поверхности которых покрыты слоем магнитного материала (рис.47). Используется для постоянного хранения информации — программ и данных.

Рисунок 47. Винчестерский накопитель со снятой крышкой корпуса.



Как и у дискеты, рабочие поверхности платтеров разделены на кольцевые концентрические дорожки, а дорожки — на секторы. Головки считывания-записи вместе с их несущей конструкцией и дисками заключены в герметически закрытый корпус, называемый модулем данных. При установке модуля данных на дисковод он автоматически соединяется с системой, подкачивающей очищенный охлажденный воздух.

Поверхность платтера имеет магнитное покрытие толщиной всего лишь в 1,1 мкм, а также слой смазки для предохранения головки от повреждения при опускании и подъёме на ходу. При вращении платтера над ним образуется воздушный слой, который обеспечивает воздушную подушку для зависания головки на высоте 0,5 мкм над поверхностью диска.

Винчестерские накопители имеют очень большую ёмкость: от сотен Мегабайт до десятков Гбайт или даже сотни Гбайт. У современных моделей скорость вращения шпинделя достигает 5600 - 7200 оборотов в минуту, среднее время поиска данных — 10 мс, максимальная скорость передачи данных до 40 Мбайт/с.

В отличие от дискеты, винчестерский диск вращается непрерывно.

Винчестерский накопитель связан с процессором через контроллер жесткого диска.

Все современные накопители снабжаются встроенным кэшем (64 Кбайт и более), который существенно повышает их производительность.

Рисунок 48. Накопители на компакт-дисках



CD-ROM состоит из прозрачной полимерной основы диаметром 12 см и толщиной 1,2 мм. Одна сторона покрыта тонким алюминиевым слоем, защищенным от повреждений слоем лака. Двоичная информация представляется последовательным чередованием углублений (pits — ямки) и основного слоя (land — земля).

На одном дюйме (2,54 см) по радиусу диска размещается 16 тысяч дорожек с информацией. Для сравнения — на дюйме по радиусу дискеты всего лишь 96 дорожек. Ёмкость CD до 780 Мбайт. Информация заносится на диск на заводе и не может быть изменена.

Достоинства CD-ROM:

При малых физических размерах CD-ROM обладают высокой информационной ёмкостью, что позволяет использовать их в справочных системах и в учебных комплексах с богатым иллюстративным материалом; один CD, имея размеры примерно дискеты, по информационному объёму равен почти 500 таким дискетам;

Считывание информации с CD происходит с высокой скоростью, сравнимой со скоростью работы винчестера;

CD просты и удобны в работе, практически не изнашиваются;

CD не могут быть поражены вирусами;

На CD-ROM невозможно случайно стереть информацию;

Стоимость хранения данных (в расчете на 1 Мбайт) низкая.

В отличие от магнитных дисков, компакт-диски имеют не множество кольцевых дорожек, а одну — спиральную, как у грампластинок. В связи с этим, угловая скорость вращения диска не постоянна. Она линейно уменьшается в процессе продвижения читающей магнитной головки к центру диска.

Для работы с CD ROM нужно подключить к компьютеру накопитель CD-ROM (CD-ROM Drive), в котором компакт-диски сменяются как в обычном проигрывателе. Накопители CD-ROM часто называют проигрывателями CD-ROM или приводами CD-ROM.

Участки CD, на которых записаны символы "0" и "1", отличаются коэффициентом отражения лазерного луча, посылаемого накопителем CD-ROM. Эти отличия улавливаются фотоэлементом, и общий сигнал преобразуется в соответствующую последовательность нулей и единиц.

Многие накопители CD-ROM способны воспроизводить обычные аудио-CD. Это позволяет пользователю, работающему за компьютером, слушать музыку в фоновом режиме.

Есть CD-RW для записи на специальные компакт диски CD-R от 650 – 700 Mb и CD-RW для неоднократной записи емкостью от 650 – 700 Mb.

Со временем на смену CD-ROM могут прийти цифровые видеодиски DVD (читается "ди-ви-ди"). Эти диски имеют тот же размер, что и обычные CD, но вмещают до 28 Гбайт данных, т.е. по объёму заменяют семь и более стандартных дисков CD-ROM. В скором времени ёмкость дисков DVD возрастет

до 48 Гбайт. DVD диски бывают 1, 2 и 4-х слойные, для проигрывания DVD дисков необходим DVD-ROM.

Записывающие оптические и магнитооптические накопители

Накопитель на магнитооптических компакт-дисках CD-MO (Compact Disk-Magneto Optical). Диски CD-MO можно многократно использовать для записи, но они не читаются на традиционных дисководов CD-ROM. Ёмкость от 128 Мбайт до 2,6 Гбайт.

Записывающий накопитель CD-R (Compact Disk Recordable) способен, наряду с прочтением обычных компакт-дисков, записывать информацию на специальные оптические диски. Ёмкость 650 Мбайт.

Накопитель WARM (Write And Read Many times), позволяет производить многократную запись и считывание.

Накопитель WORM (Write Once, Read Many times), позволяет производить однократную запись и многократное считывание.

Накопитель ZIP и JAZZ на дисках емкостью от 100 Mb до 2,2 Gb.

Накопители на магнитной ленте (стримеры) и накопители на сменных дисках

Стример (англ. tape streamer) — устройство для резервного копирования больших объёмов информации. В качестве носителя здесь применяются кассеты с магнитной лентой ёмкостью 1 - 2 Гбайта и больше.

Стримеры позволяют записать на небольшую кассету с магнитной лентой огромное количество информации. Встроенные в стример средства аппаратного сжатия позволяют автоматически уплотнять информацию перед её записью и восстанавливать после считывания, что увеличивает объём сохраняемой информации.

Недостатком стримеров является их сравнительно низкая скорость записи, поиска и считывания информации.

В последнее время всё шире используются накопители на сменных дисках, которые позволяют не только увеличивать объём хранимой информации, но и переносить информацию между компьютерами. Объём сменных дисков — от сотен Мбайт до нескольких Гигабайт.

### **Контрольные вопросы**

1. Какие разновидности памяти Вы знаете?
2. Каково назначение оперативной памяти?
3. Как работает КЭШ-память?
4. Что относится к специальной памяти?
5. Какие устройства внешней памяти Вы знаете

## **ГЛАВА 9. ИЕРАРХИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПАМЯТИ**

- Иерархическая организация памяти
- Распределение памяти
- Динамическая память
- Общий принцип доступа к данным

## ИЕРАРХИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПАМЯТИ

Память компьютера имеет иерархическую структуру, центральным слоем которой является *оперативная память* — ОЗУ или RAM (Random Access Memory — память с произвольным доступом). Оперативная память непосредственно доступна процессору: в ней хранится исполняемая в данный момент часть программного кода и данные, к которым процессор может обращаться с помощью одной из многих команд. Произвольность доступа подразумевает, что процессор в любой момент может считать или записать любой байт (слово, двойное слово...) из этой памяти. 32-разрядные процессоры x86 способны адресовать до 4 Гбайт физической памяти (кроме 386SX, урезанных до 16 Мбайт), а процессоры P6 (Pentium Pro, Pentium II и старше) в режиме расширения адреса — до 64 Гбайт. Из этого потенциально доступного пространства именно для оперативной памяти используется только часть: большинство системных плат пока ограничивают объем устанавливаемого ОЗУ на уровне 256 Мбайт–1 Гбайт. В этом же пространстве располагается и постоянная память — ПЗУ, или ROM (Read Only Memory), которая в обычной работе только читается. В ПЗУ располагается BIOS (базовая система ввода-вывода) компьютера и некоторые другие элементы.

Следующий уровень в иерархии — *дискровая память*. В отличие от ОЗУ и ПЗУ, для обращения к любому элементу, хранящемуся в дисковой памяти, процессор должен выполнить некоторую процедуру или подпрограмму, код которой находится в оперативной или постоянной памяти. Дискровая память является блочной — процедура доступа к этой памяти оперирует блоками фиксированной длины (обычно это сектор с размером 512 байт). Процедура доступа способна лишь скопировать целое количество образов блоков из оперативной (или постоянной) памяти на диск или обратно. Дискровая память является основным хранилищем файлов с программами и данными. Кроме того, она используется и для организации виртуальной оперативной памяти: не используемый в данный момент блок информации (страница) из оперативной памяти выгружается на диск, а на его место с диска подкачивается страница, требуемая процессору для работы.

Последняя ступень иерархии — *память на внешних носителях*, или просто внешняя память. Она, так же, как и дискровая, является хранилищем файлов, и доступ к ней осуществляется поблочно.

Мы перечислили программно-видимую часть “айсберга” памяти — доступную произвольно или поблочно, прямо или последовательно. Есть еще и “подводная” часть — *кэш-память*. Оперативная память по меркам современных процессоров обладает слишком низким быстродействием, и, обратившись за данными, процессор вынужден простаивать несколько тактов до готовности данных. Начиная с процессоров 80386, оперативную память стали кэшировать (эта идея использовалась и в “древних” больших машинах, где было СОЗУ — сверхоперативное ЗУ). Идея кэширования ОЗУ заключается в применении небольшого (по сравнению с ОЗУ) запоминающего устройства — кэш-памяти с более высоким быстродействием. Небольшого — потому, что по технико-экономическим причинам большой объем очень быстрой памяти обходится слишком дорого. В этой памяти хранится копия содержимого части ОЗУ, к которой в данный момент процессор наиболее интенсивно обращается. Определять, какую часть содержимого ОЗУ копировать в данный момент времени, должен контроллер кэша. Он это может делать, исходя из предположения о локальности обращений к данным и последовательности выборок команд. Кэш-память не дает

дополнительного адресуемого пространства, ее присутствие для программы незаметно.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПАМЯТИ

Логическая структура памяти PC обусловлена особенностями системы адресации процессоров семейства x86. Процессоры 8086/88, применявшиеся в первых моделях PC, имели доступное адресное пространство 1 Мбайт (20 бит шины адреса). Эти процессоры использовали сегментную модель памяти, унаследованную и следующими моделями в реальном режиме. Согласно этой модели исполнительный (линейный) адрес вычисляется по формуле

$$\text{Addr} = \text{Seg} \times 16 + \text{Offset},$$

где Seg и Offset — содержимое сегментного и адресного регистров. Таким образом, обеспечивался доступ к адресному пространству Addr = 00000 - FFFFFh при помощи пары 16-битных регистров. Заметим, что при Seg = FFFFh и Offset = FFFFh данная формула дает адрес 10FFEFh, но ввиду 20-битного ограничения на шину адреса эта комбинация в физической памяти указывает на 0FFEFh. Таким образом, адресное пространство как бы сворачивается в кольцо с небольшим «нахлестом». Начиная с процессора 80286, шина адреса была расширена до 24 бит, а впоследствии (386DX, 486 и выше) до 32 и даже 36 (у процессоров P6). В реальном режиме процессора, используемом в DOS, применяется та же сегментная модель памяти и формально доступен лишь 1 Мбайт памяти, что является недостаточным для большинства современных приложений. Однако выяснилось, что процессоры 80286 в реальном режиме эмулируют 8086 с ошибкой: та самая единица в бите A20, которая отбрасывалась в процессорах 8086/88, теперь попадает на шину адреса, и в результате максимально доступный линейный адрес в реальном режиме достиг 10FFEFh. За эту ошибку с радостью ухватились разработчики PC, поскольку дополнительные (64K - 16) байты оперативной памяти, адресуемой в реальном режиме, оказались подарком, позволяющим освободить дефицитное пространство оперативной памяти для прикладных программ. В эту область (100000h - 10FFEFh), названную «высокой памятью» — High Memory Area (HMA), стали помещать часть операционной системы и небольшие резидентные программы. Однако для обеспечения полной совместимости с процессором 8086/88 в схему PC ввели вентиль линии A20 шины адреса — GateA20, который либо пропускает сигнал от процессора, либо принудительно обнуляет линию A20 системной шины адреса. Более старшие биты такой «заботы» не требуют, поскольку переполнение при суммировании 16-битных компонентов адреса по данной схеме до них не распространяется. Управление, этим вентиляем подключили к свободному программно-управляемому выходному биту 1 контроллера клавиатуры 8042, ставшего стандартным элементом архитектуры PC, начиная с AT. Предполагалось, что этим вентиляем часто пользоваться не придется. Однако жизнь внесла свои поправки, и оказалось, что переключение вентиля в многозадачных ОС, часто переключающих процессор между защищенным режимом, реальным режимом и режимом V86, контроллером клавиатуры выполняется слишком медленно. Так появились альтернативные методы быстрого переключения вентиля, специфичные для различных реализации системных плат (например, через порт 92h). Кроме того, иногда использовали и аппаратную логику быстрого декодирования команды на переключение бита, поступающую к контроллеру клавиатуры. Для определения способа переключения в утилиту CMOS Setup ввели соответствующие параметры, позволяющие выбрать между стандартным,

но медленным способом и менее стандартизованным, но быстрым, в зависимости от используемого ПО.

Поскольку ошибка эмуляции 8086 была радостно принята и широко использована, ее повторили и в 386, и в следующих моделях процессоров. А для упрощения внешних схем в процессоры, начиная с 486, ввели и вентиль GateA20 с соответствующим внешним управляющим выводом.

32-разрядные процессоры позволяют организовать режим, иногда называемый «нереальным» или «большим реальным», в котором инструкции выполняются как в реальном, но доступны все 4 Гбайт памяти. Этот режим часто используется в игровых программах, целиком захватывающих все ресурсы компьютера, не заботясь о «правилах хорошего тона» по отношению к другим исполняемым программам.

Основную часть адресного пространства занимает оперативная память. Объем установленной памяти определяется тестом POST при начальном включении (перезагрузке) компьютера, начиная с младших адресов. Натолкнувшись на отсутствие памяти (ошибку), тест останавливается на достигнутом и сообщает системе объем реально работающей памяти.

Распределение памяти PC, непосредственно адресуемой процессором, приведено на рис. 49 и представляется следующим образом.

- 00000h-9FFFFh — *Conventional (Base) Memory*, 640 Кбайт — стандартная (базовая) память, доступная DOS и программам реального режима. В некоторых системах с видео-адаптером MDA верхняя граница сдвигается к AFFFFh (704 Кбайт). Иногда верхние 128 Кбайт стандартной памяти (область 80000h-9FFFFh) называют *Extended Conventional Memory*.
- A0000h-FFFFFFh — *Upper Memory Area (UMA)*, 384 Кбайт — *верхняя* память, зарезервированная для системных нужд. В ней размещаются области буферной памяти адаптеров (например, видеопамять) и постоянная память (BIOS с расширениями). Эта область, обычно используемая не в полном объеме, ставит непреодолимый архитектурный барьер на пути непрерывной (нефрагментированной) памяти, о которой мечтают программисты.
- Память выше 100000h — *Extended Memory* — *дополнительная* (расширенная) память, непосредственно доступная только в защищенном (и в «большом реальном») режиме для компьютеров с процессорами 286 и выше. В ней выделяется область 100000h-10FFEFh — *высокая* память, HMA, — единственная область расширенной памяти, доступная 286+ в реальном режиме при открытом вентиле *Gate A20*.

Область памяти выше первого мегабайта в различных источниках называется по-разному. Ее современное английское название — *Extended Memory* — пересекается с названием одной из спецификаций ее использования — *Extended Memory Specification*. Но название другой спецификации использования — *Expanded Memory Specification* — в прямом переводе на русский язык неотличимо от перевода предыдущего термина (и *Extended* и *Expanded* переводятся как «расширенный»). Область всей физической памяти, распо-

ложенной в адресном пространстве выше 1 Мбайта, будем называть *дополнительной памятью*. Ее объем у современных компьютеров указывается строкой Extended Memory xxxxx Kbyte в таблице, выводимой после прохождения теста POST, и в меню стандартной конфигурации CMOS Setup.

Вышеприведенное разделение памяти актуально только для приложений и операционных систем реального режима типа MS-DOS. Для ОС защищенного режима (в том числе Windows 9x/NT/2000) доступна вся оперативная память, причем без каких-либо ухищрений вроде EMS и XMS. Однако область UMA с ее традиционными «жителями», сохраняемая ради совместимости, остается барьером на пути к единой однородной памяти.

*Стандартная память* — Conventional Memory является самой дефицитной в PC, когда речь идет о работе в среде операционных систем типа MS-DOS. На ее небольшой объем (типовое значение 640 Кбайт) претендуют и BIOS, и ОС реального режима, а остатки отдаются прикладному ПО.

Верхняя память имеет области различного назначения, которые могут быть заполнены буферной памятью адаптеров, постоянной памятью или оставаться незаполненными. Раньше эти «дыры» не использовали из-за сложности «фигурного выпиливания» адресуемого пространства. С появлением механизма страничной переадресации (у процессоров 386 и выше) их стали по возможности заполнять «островками» оперативной памяти, названными блоками верхней памяти *UMB* (Upper Memory Block). Эти области доступны DOS для размещения резидентных программ и драйверов через драйвер EMM386, который отображает в них доступную дополнительную память.

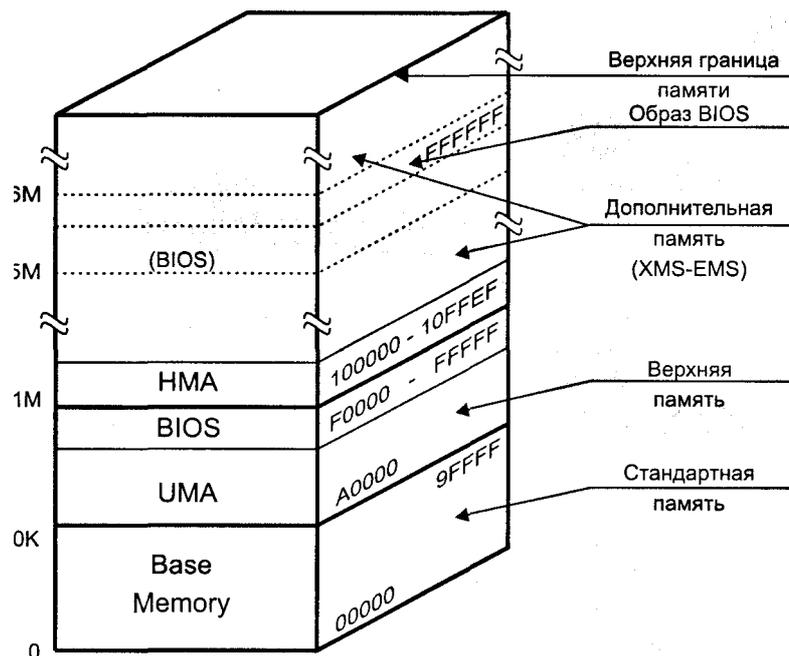


Рисунок 49. Распределение памяти PC

## АРХИТЕКТУРА УНИФИЦИРОВАННОЙ ПАМЯТИ — UMA

Видеопамять графического адаптера является особой областью памяти, к которой во время непрерывного процесса регенерации экрана интенсивно обращается и центральный процессор, и графический акселератор (если таковой имеется). Видеопамять традиционно является физически выделенной памятью сравнительно (по сравнению с ОЗУ) небольшого объема, и для нее разными способами обеспечивают максимальную производительность — увеличивают разрядность до 128 бит, повышают частоту, применяют специализированные, в том числе и двухпортовые, микросхемы памяти. Это, конечно же, приводит к удорожанию компьютера. Для современных графических акселераторов требуется доступ к большому объему памяти, причем с высокой производительностью. Вместо предоставления локальной памяти адаптера была предложена *архитектура унифицированной памяти UMA* (Unified Memory Architecture). Здесь для видеопамяти (и других нужд акселератора) выделяется область в общем пространстве единой физической оперативной памяти. За этот способ снижения стоимости приходится расплачиваться снижением производительности как видеосистемы, так и основной памяти. Архитектура UMA применяется в чипсетах системной платы с интегрированной графикой для недорогих компьютеров. При этом может предоставляться возможность установки и дополнительного специализированного модуля видеопамяти, позволяя за дополнительные деньги отказаться от UMA. Если с графического адаптера AGP убрать локальную память, этот высокопроизводительный адаптер вырождается в систему с UMA.

## ВИРТУАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ

Виртуальная память (Virtual Memory) представляет собой программно-аппаратное средство расширения пространства памяти, предоставляемой программе в качестве оперативной. Эта память физически реализуется в оперативной и дисковой памяти под управлением соответствующей операционной системы. Виртуальное пространство памяти разбито на страницы фиксированного размера, а в физической оперативной памяти в каждый момент времени присутствует только часть из них. Остальные страницы хранятся на диске, откуда операционная система может «подкачать» их в физическую память, предварительно выгрузив на диск часть не используемых в данный момент модифицированных страниц. Обращение процессора к ячейке виртуальной памяти, присутствующей в физической памяти, происходит обычным способом. Если же затребованная область в данный момент не отображена в физической памяти, процессор вырабатывает исключение (внутреннее прерывание), по которому операционная система программно организует замещение страниц, называемое свопингом (Swapping). Виртуальную память поддерживают процессоры, работающие в защищенном режиме, начиная с 80286, но реально ее широко стали использовать только в операционных системах и оболочках для 32-разрядных процессоров (80386+). Виртуальная память используется лишь при наличии дополнительной памяти, а ее максимальный объем определяется размером файла подкачки (Swap File), выделяемом на жестком диске на нужды виртуальной памяти. В принципе 4'айл подкачки может располагаться и на сетевом диске, но при этом трафик сети будет напряженным. Вопросы организации виртуальной памяти в основном относятся к области системного программного обеспечения (ядра операционной системы), здесь же мы ограничимся приведенным описанием.

## ДИНАМИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ

Теперь посмотрим на оперативную память изнутри. На протяжении уже трех десятилетий в качестве основной памяти используют массивы ячеек динамической памяти. Каждая ячейка содержит всего лишь один КМОП-транзистор (комплементарные полевые транзисторы), благодаря чему достигается высокая плотность упаковки ячеек при низкой цене. Запоминающим элементом у них является конденсатор (емкость затвора), и ячейка может помнить свое состояние недолго — всего десятки миллисекунд. Для длительного хранения требуется регенерация — регулярное “освежение” (refresh) памяти, за что эта память и получила название “динамическая” — DRAM (Dynamic RAM).

Динамическая память получила свое название от принципа действия ее запоминающих ячеек, которые выполнены в виде конденсаторов, образованных элементами полупроводниковых микросхем. Несколько упрощая описание физических процессов, можно сказать, что при записи логической единицы в ячейку конденсатор заряжается, при записи нуля — разряжается. Схема считывания разряжает через себя этот конденсатор, и, если заряд был ненулевым, выставляет на своем выходе единичное значение и подзаряжает конденсатор до прежнего уровня. При отсутствии обращения к ячейке со временем за счет токов утечки конденсатор разряжается и информация теряется, поэтому такая память требует постоянной периодической подзарядки конденсаторов (обращения к каждой ячейке) — память может работать только в динамическом режиме. Этим она принципиально отличается от статической памяти, реализуемой на триггерных ячейках и хранящей информацию без обращений к ней сколь угодно долго (при включенном питании). Благодаря относительной простоте ячейки динамической памяти на одном кристалле удастся размещать миллионы ячеек и получать самую дешевую полупроводниковую память достаточно высокого быстродействия с умеренным энергопотреблением, используемую в качестве основной памяти компьютера. Запоминающие ячейки микросхем DRAM организованы в виде двумерной матрицы. Адрес строки и столбца передается по мультиплексированной шине адреса MA (Multiplexed Address) и строится по спаду импульсов RAS# (Row Access Strobe) и CAS# (Column Access Strobe). Состав сигналов микросхем динамической памяти приведен в табл. 6.

Таблица 6. Сигналы микросхем динамической памяти

Сигнал	Назначение
RAS#	Row Access Strobe — строб выборки адреса строки. По спаду сигнала начинается любой цикл обращения, низкий уровень сохраняется на все время цикла. Перед началом следующего цикла сигнал должен находиться в неактивном состоянии (высокий уровень) не менее, чем время предварительного заряда RAS ( $T_{RP}$ — RAS precharge time)
CAS#	Column Access Strobe — строб выборки адреса столбца. По спаду сигнала начинается цикл записи или чтения, минимальная длительность ( $T_{CAS}$ ) определяется спецификацией быстродействия памяти. Минимальная длительность неактивного состояния между циклами (высокий уровень) должна быть не менее чем время ( $T_{CP}$ - CAS precharge time) предварительного заряда CAS
MAi	Multiplexed Address — мультиплексированные линии адреса. Во время спада сигнала RAS# на этих линиях присутствует адрес строки, во время спада CAS# — адрес столбца. Адрес должен устанавливаться до спада соответствующего строба и удерживаться после него еще некоторое время. Микросхемы с объемом 4 М ячеек могут быть с симметричной организацией — 11 бит адреса строк и 11 бит адреса колонок или асимметричными — 12 x 10 бит соответственно

WE#	Write Enable — разрешение записи. Данные записываются в выбранную ячейку либо по спаду CAS# при низком уровне WE# (Early Write — ранняя запись, обычный вариант), либо по спаду WE# при низком уровне CAS# (Delayed Write — задержанная запись). Переход WE# в низкий уровень и обратно при высоком уровне CAS# записи не вызывает, а только переводит выходной буфер EDO DRAM в высокоимпедансное состояние
OE#	Output Enable — разрешение открытия выходного буфера при операции чтения. Высокий уровень сигнала в любой момент переводит выходной буфер в высокоимпедансное состояние
DB-In	Data Bit Input — входные данные (только для микросхем с однобитной организацией)
DB-Out	Data Bit Output — выходные данные (только для микросхем с однобитной организацией). Выходные буферы стандартных микросхем открыты только при сочетании низкого уровня сигналов RAS#, CAS#, OE# и высокого уровня WE#; при невыполнении любого из этих условий буферы переходят в высокоимпедансное состояние. У микросхем EDO выходные буферы открыты и после подъема CAS#. Логика управления предусматривает возможность непосредственного объединения выходов нескольких микросхем
DQx	Data Bit — объединенные внутри микросхемы входные и выходные сигналы данных (объединение экономит количество выводов для микросхем с многобитной организацией)
N.C.	No Connection — свободный вывод

Выбранной микросхемой памяти является та, на которую во время активности (низкого уровня) сигнала RAS# приходит сигнал CAS# (тоже низким уровнем). Тип обращения определяется сигналами WE# и CAS#. Временная диаграмма «классических» циклов записи и чтения приведена на рис. 50. Как из нее видно, при чтении данные на выходе относительно начала цикла (сигнала RAS#) появятся не раньше, чем через интервал  $T_{RAC}$ , который и является *временем доступа*.

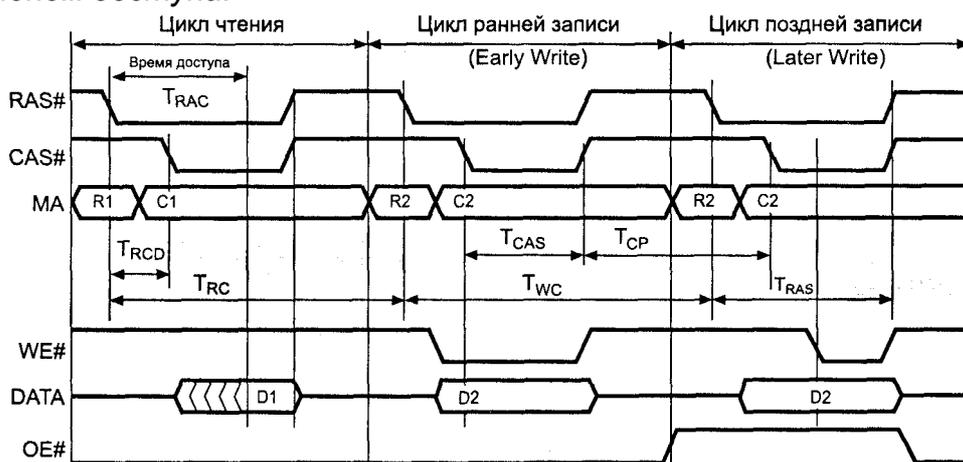


Рисунок 50. Временные диаграммы чтения и записи динамической памяти

Ячейки организуются в двумерные матрицы, и для обращения к ячейке требуется последовательно подать два выбирающих сигнала — RAS# (Row Access Strobe, строб строки) и CAS# (Column Access Strobe, строб столбца). Временная диаграмма циклов чтения традиционной динамической памяти приведена на рисунке (циклы записи для простоты здесь рассматривать не

будем). Микросхемы динамической памяти традиционно имеют мультиплексированную шину адреса (MA). Во время действия RAS# на ней должен быть адрес строки, во время действия CAS# — адрес столбца. Информация на выходе шины данных относительно начала цикла (сигнала RAS#) появится не раньше, чем через интервал  $T_{RAC}$ , который называется *временем доступа*. Есть также минимальная задержка данных относительно импульса CAS# ( $T_{CAC}$ ), и минимально необходимые интервалы пассивности сигналов RAS# и CAS# (времена предзаряда). Все эти параметры и определяют предел производительности памяти. Ключевым параметром микросхем — время доступа — за всю историю удалось улучшить всего на порядок — с сотен до нескольких десятков наносекунд. За меньший исторический период только тактовая частота процессоров x86 выросла на 2 порядка, так что разрыв между потребностями процессоров и возможностями ячеек памяти увеличивается. Для преодоления этого разрыва, во-первых, увеличивают разрядность данных памяти, а во-вторых, строят вокруг массивов ячеек памяти разные хитрые оболочки, ускоряющие процесс доступа к данным. Все, даже “самые модные”, типы памяти — SDRAM, DDR SDRAM и Rambus DRAM имеют запоминающее ядро, которое обслуживается описанным выше способом.

## РЕГЕНЕРАЦИЯ

Поскольку обращения (запись или чтение) к различным ячейкам памяти обычно происходят в случайном порядке, то для поддержания сохранности данных применяется *регенерация* (Memory Refresh — «освежение» памяти) — регулярный циклический перебор ее ячеек (обращение к ним) с холостыми циклами. Регенерация в микросхеме происходит одновременно по всей строке матрицы при обращении к любой из ее ячеек. Максимальный период обращения к каждой строке  $TRF$  (refresh time) для гарантированного сохранения информации у современной памяти лежит в пределах 8-64 мс. В зависимости от объема и организации матрицы для однократной регенерации всего объема требуется 512, 1024, 2048 или 4096 циклов обращений. При *распределенной регенерации* (distributed refresh) одиночные циклы регенерации выполняются равномерно с периодом  $t_{pr}$  (рис. 51, а), который для стандартной памяти принимается равным 15,6 мкс. Период этих циклов называют «refresh rate», хотя такое название больше подошло бы к обратной величине — частоте циклов  $\gamma=1/T_{pr}$ . Для памяти с расширенной регенерацией (extended refresh) допустим период циклов до 125 мкс. Возможен также и вариант *пакетной регенерации* (burst refresh), когда все циклы регенерации собираются в пакет (рис. 51, б), во время которого обращение к памяти по чтению и записи блокируется. При количестве циклов 1024 эти пакеты будут периодически занимать шину памяти примерно на 130 мкс, что далеко не всегда допустимо. По этой причине, как правило, выполняется распределенная регенерация, хотя возможен и промежуточный вариант — пакетами по несколько (например, 4) циклов.

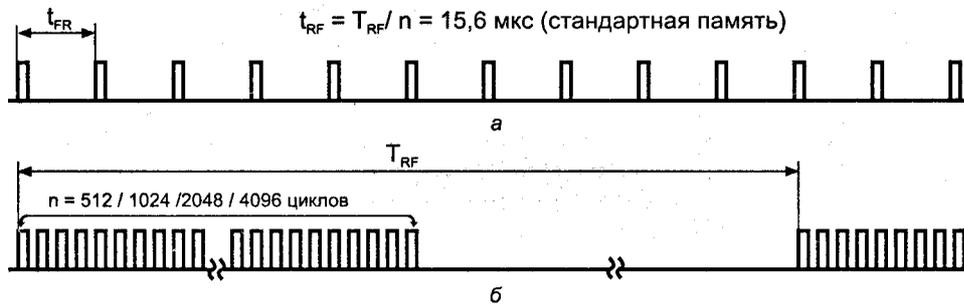


Рисунок 51. Регенерация динамической памяти: а — распределенная; б — пакетная

Циклы регенерации могут организовываться разными способами. Классическим является цикл без импульса CAS# (рис. 52, слева), сокращенно именуемый ROR (RAS Only Refresh — регенерация только импульсом RAS#). В этом случае адрес очередной регенерируемой строки выставляется контроллером памяти до спада RAS# очередного цикла регенерации, порядок перебора регенерируемых строк не важен.

Другой вариант — цикл CBR (CAS Before RAS), поддерживаемый практически всеми современными микросхемами памяти (рис. 52, справа). В этом цикле регенерации спад импульса RAS# осуществляется при низком уровне сигнала CAS# (в обычном цикле обращения такой ситуации не возникает). В этом случае мик-

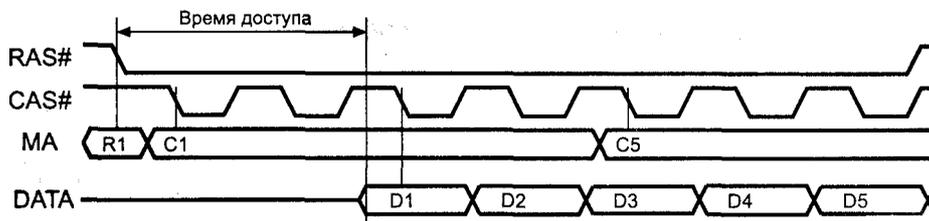


Рисунок 52 Страничный режим считывания BEDO DRAM

Вышеперечисленные типы памяти являются *асинхронными* по отношению к тактированию системной шины компьютера. Это означает, что все процессы иницируются только импульсами RAS# и CAS#, а завершаются через какой-то определенный (для данных микросхем) интервал. На время этих процессов шина памяти оказывается занятой, причем в основном ожиданием данных.

## МОДУЛИ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ

Динамическая память чаще всего применяется в виде модулей с разрядностью 1, 2, 4 или 8 байт, которые могут устанавливаться пользователем без каких-либо приспособлений. Модули стандартизованы, поэтому обеспечивается взаимная совместимость.

- SIPP и SIMM-30 (рис 53) — самые первые модули с однобайтной организацией, применялись вплоть до 486-х процессоров. *m* SIMM-72-pin (рис.44)— 4-байтные модули, применявшиеся на системных платах для 486 и Pentium.
- DIMM-168 (рис.55) — 8-байтные модули для Pentium и выше. Существует два поколения, существенно различных по интерфейсу. Модули DIMM 168-pin Buffered (1-го поколения), как и слоты для них, встречаются редко и с широко распространенными модулями DIMM 2-го поколения несовместимы даже

механически (по ключам). Наиболее популярно второе поколение с микросхемами SDRAM. Различают модификации в зависимости от наличия буферов или регистров на управляющих сигналах: Unbuffered, Buffered и Registered.

- DIMM-184 — 8-байтные модули DDR SDRAM для системных плат 6-7 поколений процессоров.
- RIMM — 2-байтные модули RDRAM для системных плат 6-7 поколений процессоров.
- SO DIMM (72 и 144-pin) и SO RIMM — малогабаритные варианты модулей (для блокнотных ПК).
- AIMM (AGP Inline Memory Module), они же GPA Card (Graphics Performance Accelerator) — 66-контактные 32- или 16-битные модули SDRAM, предназначенные для расширения памяти графических адаптеров, встроенных в системную плату.

Не пересчитывая контакты, отличить «короткие» SIMM от «длинных» и DIMM-модулей легко по их размеру: длина модуля SIMM-30 pin примерно 89 мм, SIMM-72 — 108 мм. Модули DIMM-168 и DIMM-184 имеют одинаковую длину около 134 мм (5,25"), но у 168-контактных модулей два ключа, а у 184-контактных — один (за счет чего больше контактов); кроме того, у DIMM-184 по две прорези по бокам, а не по одной. Модули RIMM имеют ту же длину, но легко отличимы по меньшему числу контактов — середина краевого разъема свободна от ламелей. У модулей RIMM (рис.56) микросхемы памяти закрыты пластиной радиатора. Кроме того, их левый ключ гораздо ближе к центру, чем у DIMM.

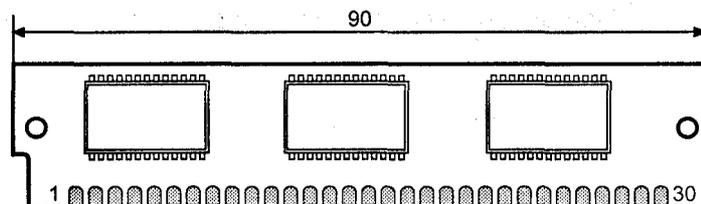


Рисунок 53. Модули SIMM-30

Существуют еще модули SIMM для Macintosh, они длиннее SIMM-30, но короче SIMM-72 и к IBM PC не подходят. В компьютерах, предназначенных для применения в качестве серверов или мощных станций, нередко применяются специальные платы памяти, позволяющие устанавливать большие объемы ОЗУ. На такие платы также устанавливаются модули SIMM, DIMM или SO DIMM. Модули памяти применяются и в принтерах (лазерных) — DIMM-168, 100-Pin DIMM, AIMM, SO DIMM-144, но иногда для них требуются и специальные модули (по конструктиву или параметрам).

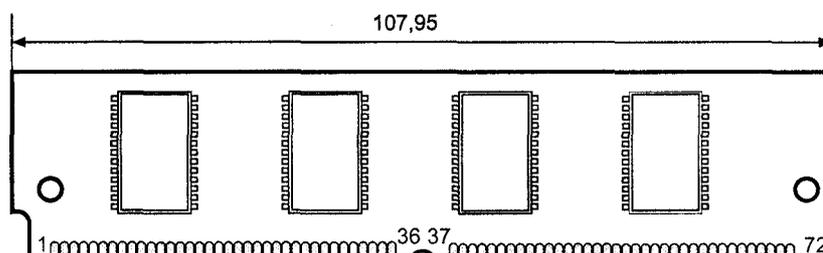


Рисунок 54 Модули SIMM-72

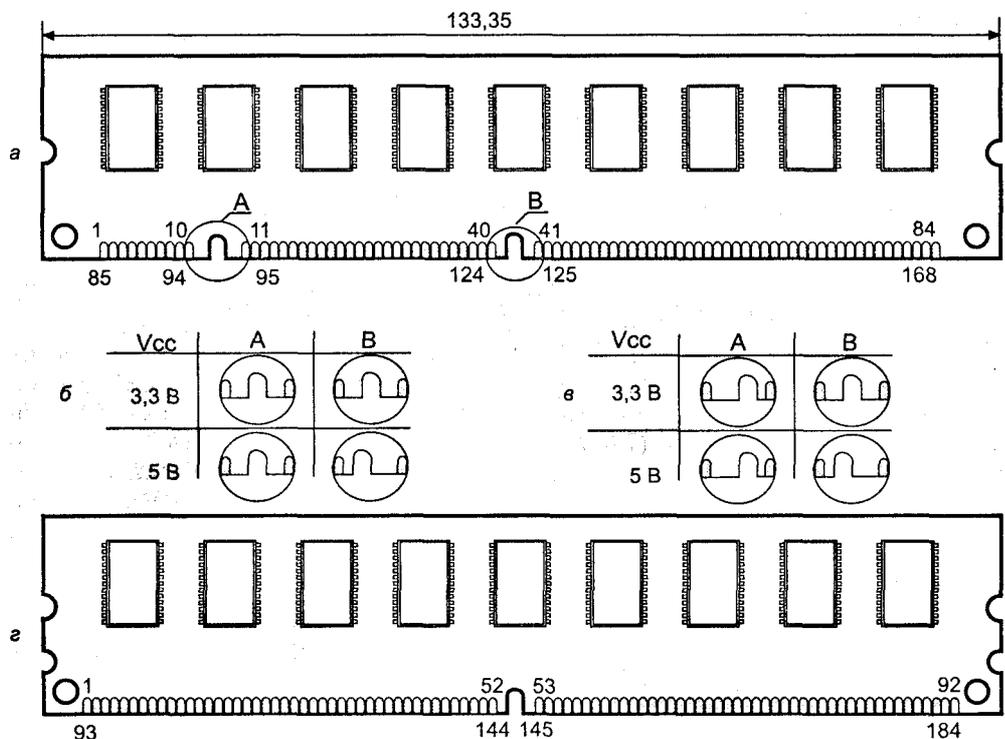


Рисунок 55. Модули DIMM; а— вид модуля DIMM-168; б— ключи для модулей первого поколения; в— ключи для модулей второго поколения; г— вид модуля DIMM-184

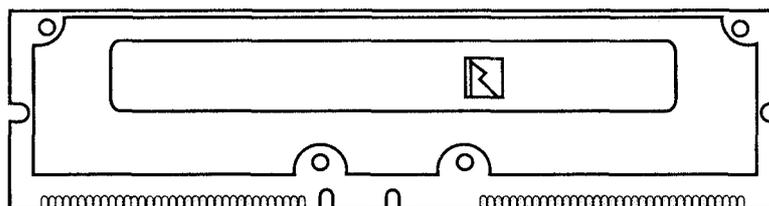


Рисунок 56. Модули RIMM

Современные модули памяти имеют шину данных разрядностью 1, 4 или 8 байт. Кроме основных информационных бит модули могут иметь дополнительные контрольные биты с различной организацией.

- Модули без контрольных бит (*поп Parity*) имеют разрядность 8, 32 или 64 бита и допускают независимое побайтное обращение с помощью отдельных для каждого байта линий CAS#.
- Модули с контролем паритета (*Parity*) имеют разрядность 9, 36 или 72 бита и также допускают независимое побайтное обращение, контрольные биты по обращению приписаны к соответствующим байтам.
- Модули с генератором паритета (*Fake Parity, Parity Generator, Logical Parity*) также допускают независимое побайтное обращение, логические генераторы паритета по чтению приписаны к соответствующим байтам. Действительного контроля памяти они не обеспечивают.
- Модули с контролем по схеме ECC имеют разрядность 36, 40, 72 или 80 бит. Обычно они допускают побайтное обращение к информационным битам, но контрольные биты у них привязаны к одному или нескольким сигналам CAS#, поскольку ECC подразумевает обращение сразу к целому слову.

- *ECC-Optimized* — модули, оптимизированные под режим ECC. От обычных модулей ECC они отличаются тем, что могут не обеспечивать побайтное обращение к информационным битам.
- *ECC-on-Simm* (EOS) — модули со встроенной схемой исправления ошибок. Каждый байт модуля имеет встроенные средства контроля и исправления ошибок, работающие прозрачно. Для системы модули функционируют как обычные паритетные — в случае обнаружения неисправимой ошибки они генерируют ошибочный бит паритета. Эти модули обеспечивают отказоустойчивость по памяти (Kill Protected Memory) для системных плат, поддерживающих только контроль паритета. По «благородству» поведения (делают больше, чем «говорят») они являются прямой противоположностью модулям с генератором паритета.

Набор сигналов модуля SIMM в основном совпадает с сигналами одиночных микросхем динамической памяти.

### **ОБЩИЙ ПРИНЦИП ДОСТУПА К ДАННЫМ**

Массив данных представляет собой некое подобие координатной сетки, где есть положения по горизонтали (адрес строки) и по вертикали (адрес столбца). На пересечении каждого конкретного адреса строки и столбца находится единичный «строительный элемент» памяти – ячейка, которая представляет собой ключ (транзистор) и запоминающий элемент (конденсатор). Например, для чтения или записи одной ячейки памяти необходимо пять тактов. Сначала на шину выставляется адрес строки. Затем подается сигнал RAS#, который является своего рода контрольным сигналом, передающим полученный адрес для записи в специально отведенное место – регистр микросхемы памяти. После этого передается сигнал столбца, следующим тактом за которым идет сигнал подтверждения принимаемого адреса, но уже для столбца – CAS#. И, наконец следует операция чтения-записи в/из ячейки, контролируемая сигналом разрешения – WE#. Однако, если считываются соседние ячейки, то тогда нет необходимости передавать каждый раз адрес строки или столбца – процессор «надеется», что считываемые данные расположены по соседству. Поэтому, на считывание каждой последующей ячейки понадобится уже 3 такта системной шины. Отсюда и берут свое начало существование определенных схем функционирования (тайминги) отдельно взятой разновидности памяти: x-ууу-уууу-, где "x" – количество тактов шины, необходимое для чтения первого бита, а у – для всех последующих. Так, цикл доступа процессора к памяти состоит из двух фаз: запроса (Request) и ответа (Response). Фаза запроса состоит из трех действий: подача адреса, подача запроса (чтения-записи) и подтверждение (необязательно). В фазу ответа входит выдача запрашиваемых данных и подтверждение приема. Довольно часто происходит чтение четырех смежных ячеек, поэтому многие типы памяти специально оптимизированы для данного режима работы, и в сравнительных характеристиках быстродействия обычно приводится только количество циклов, необходимое для чтения первых четырех ячеек. Здесь речь идет о пакетной передаче, которая подразумевает подачу одного начального адреса и дальнейшую выборку по ячейкам в установленном порядке. Такого рода передача улучшает скорость доступа к участкам памяти с заранее определенными последовательными адресами. Обычно процессор вырабатывает адресные пакеты на четыре передачи данных по шине, поскольку предполагается, что система автоматически возвратит данные из указанной ячейки и трех следующих за ней. Преимущество такой схемы очевидно – на

передачу четырех порций данных требуется всего одна фаза запроса. Например, для памяти типа FPM DRAM применяется самая простая схема 5-333-3333-... Для памяти типа EDO DRAM после первого считывания блока данных, увеличивается время доступности данных того ряда, к которому происходит доступ в настоящий момент, при этом уменьшая время получения пакета данных, и память уже может работать по схеме 5-222-2222-... Синхронная память типа SDRAM, в отличие от асинхронной (FPM и EDO), «свободна» от передачи в процессор сигнала подтверждения, и выдает и принимает данные в строго определенные моменты времени (только совместно с сигналом синхронизации системной шины), что исключает несогласованность между отдельными компонентами, упрощает систему управления и дает возможность перейти на более «короткую» схему работы: 5-111-1111-... Поэтому в рассматриваемом пункте меню настройки можно встретить варианты допустимых значений для циклов обращения к памяти: x333 или x444 – оптимально подходит для FPM DRAM, x222 или x333 – для EDO DRAM, и x111 или x222 – для SDRAM.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите уровни иерархии памяти.
2. Как устроена динамическая память?
3. Основы работы динамической памяти.
4. Регенерация динамической памяти.
5. Перечислите модули динамической памяти.
6. Общий принцип доступа к данным.

## ГЛАВА 10. ТРАДИЦИОННАЯ ПАМЯТЬ С АСИНХРОННЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

- Память с асинхронным интерфейсом — SDRAM и DDR SDRAM.
- Микросхемы синхронной динамической памяти SDRAM.
- Пакетная передача данных.
- Память DDR SDRAM.
- Микросхемы синхронной динамической памяти SDRAM

В *традиционной памяти* сигналы RAS# и CAS#, обслуживающие запоминающие ячейки, вводятся непосредственно по соответствующим линиям интерфейса. Вся последовательность процессов в памяти привязывается именно к этим внешним сигналам. Данные при чтении будут готовы через время  $T_{CAS}$  после сигнала RAS#, но не раньше, чем через  $T_{RAC}$  после сигнала RAS#.

На основе стандартных ячеек строится *память с быстрым страничным доступом* — FPM (Fast Page Mode) DRAM. Здесь для доступа к ячейкам, расположенным в разных колонках одной строки, используется всего один импульс RAS#, во время которого выполняется серия обращений с помощью только импульсов CAS#. Нетрудно догадаться, что в пакетных циклах доступа получается выигрыш во времени (пакеты укладываются в страницы «естественным» образом). Так, память FPM со временем доступа 60–70 нс при частоте шины 66 МГц может обеспечить цикл чтения 5-3-3-3.

Следующим шагом стала *память EDO (Extended Data Out, расширенный вывод данных)* DRAM. Здесь в микросхемы памяти ввели регистры-защелки, и считываемые данные присутствуют на выходе даже после подъема CAS#. Благодаря этому можно сократить время действия CAS# и не дожидаясь, пока внешняя схема примет данные, приступить к предзаряду линии CAS#. Таким образом можно ускорить передачу данных внутри пакета и на тех же ячейках памяти получить цикл 5-2-2-2 (60 нс, 66 МГц). Эффект полученного ускорения компьютера, полученного довольно простым способом, был эквивалентен введению вторичного кэша, что и послужило поводом для мифа о том, что “в EDO встроен кэш”. Страничный цикл для памяти EDO называют и “гиперстраничным”, так что второе название у этой памяти — HPM (Hyper Page Mode) DRAM. Регистр-защелка ввел в микросхему памяти элемент конвейера — импульс CAS# передает данные на эту ступень, а пока внешняя схема считывает их, линия CAS# готовится к следующему импульсу.

*Память BEDO (Burst EDO, пакетная EDO)* DRAM ориентирована на пакетную передачу. Здесь полный адрес (со стробами RAS# и CAS#) подается только в начале пакетного цикла; последующие импульсы CAS# адрес не стробируют, а только выводят данные — память уже “знает”, какие следующие адреса потребуются в пакете. Результат — при тех же условиях цикл 5-1-1-1.

Память EDO появилась во времена Pentium и стала применяться также в системах на 486. Она вытеснила память FPM и даже стала ее дешевле. Память BEDO широкого распространения не получила, поскольку ей уже “наступала на пятки” синхронная динамическая память.

Вышеперечисленные типы памяти являются асинхронными по отношению к тактированию системной шины компьютера. Это означает, что все процессы инициируются только импульсами RAS# и CAS#, а завершаются через какой-то определенный (для данных микросхем) интервал. На время этих процессоров шина памяти оказывается занятой, причем, в основном, ожиданием данных.

## **ПАМЯТЬ С СИНХРОННЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ — SDRAM И DDR SDRAM**

Для вычислительного конвейера, в котором могут параллельно выполняться несколько процессов и запросов к данным, гораздо удобнее синхронный интерфейс. В этом случае все события привязываются к фронтам общего сигнала синхронизации, и система четко “знает”, что, выставив запрос на данные в таком-то такте, она получит их через определенное число тактов. А между этими событиями на шину памяти можно выставить и другой запрос, и если он адресован к свободному банку памяти, начнется скрытая (latency) фаза его обработки. Таким образом удастся повысить производительность подсистемы памяти и ее шины, причем не за счет безумного увеличения числа проводов (увеличения разрядности и числа независимых банков, о чем будет сказано позже).

Микросхемы *синхронной динамической памяти SDRAM (Synchronous DRAM)* представляет собой конвейеризированные устройства, которые на основе вполне обычных ячеек (время доступа — 50–70 нс) обеспечивают цикл 5-1-1-1, но уже при частоте шины 100 МГц и выше. По составу сигналов интерфейс SDRAM близок к обычной динамической памяти: кроме входов синхронизации, здесь есть мультиплексированная шина адреса, линии RAS#, CAS#, WE (разрешение записи) и CS (выбор микросхемы) и, конечно же, линии данных. Все сигналы стробируются по положительному перепаду синхроимпульсов, комбинация управляющих сигналов в каждом такте кодирует определенную команду.

С помощью этих команд организуется та же последовательность внутренних сигналов RAS# и CAS#, которая рассматривалась и для памяти FPM.

Каждая микросхема внутренне может быть организована как набор из 4 банков с собственными независимыми линиями RAS#. Для начала любого цикла обращения к памяти требуется подать команду ACT, которая запускает внутренний формирователь RAS# для требуемой строки выбранного банка. Спустя некоторое количество тактов можно вводить команду чтения RD или записи WR, в которой передается номер столбца первого цикла пакета. По этой команде запускается внутренний формирователь CAS#. Передача данных для циклов записи и чтения различается. Данные для первой передачи пакета записи устанавливаются вместе с командой WR. В следующих тактах подаются данные для остальных передач пакета. Первые данные пакета чтения появляются на шине через определенное количество тактов после команды. Это число, называемое CAS# Latency (CL), определяется временем доступа  $T_{CAS}$  и тактовой частотой. В последующих тактах будут выданы остальные данные пакета. После обращения необходимо деактивировать банк — перевести внутренний сигнал RAS# в пассивное состояние, то есть произвести предзаряд (precharge). Это может быть сделано либо явно командой PRE, либо автоматически (как модифицированный вариант команд RD или WR. Внутренние сигналы CAS# формируются автоматически по командам обращения и дополнительных забот не требуют.

Регенерация выполняется по команде REF, за заданный период регенерации (стандартный 64 мс) должно быть выполнено 4096 или 8192 (в зависимости от объема микросхемы) команд REF.

На первый взгляд из этого описания не видно никаких особых преимуществ SDRAM по сравнению с BEDO. Однако синхронный интерфейс в сочетании с внутренней мультибанковой организацией обеспечивает возможность повышения производительности памяти при множественных обращениях. Здесь имеется в виду способность современных процессоров формировать следующие запросы к памяти, не дожидаясь результатов выполнения предыдущих. В SDRAM после выбора строки (активации банка) ее можно закрывать не сразу, а после выполнения серии обращений к ее элементам, причем как по записи, так и по чтению. Эти обращения будут выполняться быстрее, поскольку для них не требуется подачи команды активации и выжидания  $T_{RCD}$ . Максимальное время удержания строки открытой ограничивается периодом регенерации. Возможность работы с открытой строкой была использована уже в FPM DRAM. Однако в SDRAM можно активировать строки в нескольких банках — каждую своей командой ACT, эта особенность и стоит за словами “Single-pulsed RAS# interface” в перечислении ключевых особенностей SDRAM. Активировать строку можно во время выполнения любой операции с другим банком. Обращение к открытой строке требуемого банка выполняется по командам RD и WR, у которых в качестве параметров кроме адреса столбца фигурирует и номер банка. Таким образом можно так спланировать транзакции, что шина данных в каждом такте будет нести очередную порцию данных, и такой поток будет продолжаться не только в пределах одного пакета, но и для серии обращений к разным областям памяти. Кстати, держать открытыми можно и строки в банках разных микросхем, объединенных общей шиной памяти.

Микросхемы SDRAM оптимизированы для пакетной передачи (рис.57). У них при инициализации программируется длина пакета и операционный режим. Пакетный режим может включаться как для всех операций (normal), так и только

для чтения (Multiple Burst with Single Write). Этот выбор позволяет оптимизировать память для работы либо с WB, либо с WT-кэшем. Обратим внимание, что внутренний счетчик адреса работает по модулю, равному запрограммированной длине пакетного цикла (например, при длине пакета 4 он не позволяет перейти границу обычного четырехэлементного пакетного цикла).

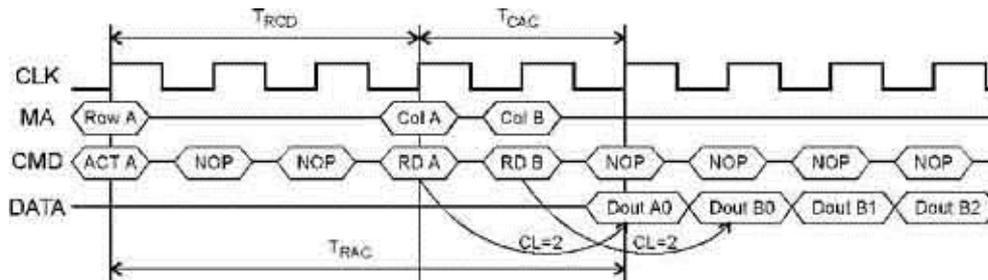


Рисунок 57. Временная диаграмма чтения SDRAM

Пакетные циклы могут прерываться (принудительно завершаться) последующими командами, при этом оставшиеся адреса отбрасываются. На рисунке приведен пример прерывания команды чтения по адресу A командой чтения по адресу B (подразумевается, что для адреса B строка уже открыта). В случае прерываний пакетов, как и при полных пакетах, шина данных при активированных банках может быть полезно нагруженной в каждом такте, за исключением случая чтения, следующего за записью. При этом шина будет простаивать CL тактов. В команде WR имеется возможность блокирования записи данных любого элемента пакета — для этого достаточно в его такте установить высокий уровень сигнала маскирования.

Микросхемы SDRAM имеют средства энергосбережения. В режиме саморегенерации Self Refresh микросхемы периодически выполняют циклы регенерации по внутреннему таймеру, в этом режиме они не реагируют на внешние сигналы и внешняя синхронизация может быть остановлена. В режиме пониженного потребления Power Down микросхема не воспринимает команды и регенерация не выполняется, поэтому длительность пребывания в нем ограничена периодом регенерации.

Синхронный интерфейс позволяет довольно эффективно использовать шину и обеспечить на частоте 100 МГц пиковую производительность 100 Мбит/пин (на 1 вывод шины данных). SDRAM используют в составе модулей DIMM с 8-байтной разрядностью, что дает производительность 800 Мбайт/с. Однако эта теоретическая производительность не учитывает накладные расходы на регенерацию и подразумевает, что требуемые страницы уже открыты. Из-за указанных выше ограничений на реальном произвольном потоке запросов производительность, конечно же, будет ниже. Потенциальные возможности почти одновременного обслуживания множества запросов, предоставляемая микросхемами SDRAM, будут реализованы лишь при достаточно “умном” контроллере памяти. От его предусмотрительности эффективность памяти зависит, пожалуй, больше, чем у простых FPM и EDO DRAM.

## Назначение сигналов в микросхемах SDRAM

Таблица 7

Сигнал	I/O	Назначение
CLK	I	Clock Input — синхронизация, действует по положительному перепаду
CKE	I	Clock Enable — разрешение синхронизации (высоким уровнем). Низкий уровень переводит микросхему в режим <i>Power Down, Suspend</i> или <i>Set/Refresh</i>
CS#	I	Chip Select — разрешение декодирования команд (низким уровнем). При высоком уровне новые команды не декодируются, но выполнение начатых продолжается
RAS#, CAS#, WE#	I	Row Address Strobe, Column Address Strobe, Write Enable — сигналы, определяющие операцию (код команды)
BS0, BS1 или BAO, BA1	I	Bank Selects или Bank Address — выбор банка, к которому адресуется команда
A[0:12]	I	Address — мультиплексированная шина адреса. В циклах Bank Activate определяют адрес строки. В циклах Read/Write линии A[0:9] и All задают адрес столбца. Линия A10 в циклах Read/Write включает режим автопредзаряда (при A10=1), в цикле Precharge A10=1 задает предзаряд всех банков (независимо от BSO, BS1)
DQx	I/O	Data Input/Output — двунаправленные линии данных
DQM	I	Data Mask — маскирование данных. В цикле чтения высокий уровень переводит шину данных в высокоимпедансное состояние (действует через 2 такта). В цикле записи высокий уровень запрещает запись текущих данных, низкий — разрешает (действует без задержки)
V <sub>SS</sub> , V <sub>DD</sub>	-	Общий и провод и питание ядра
V <sub>SSQ</sub> , V <sub>DDQ</sub>	-	Общий провод и питание выходных буферов. Изолированы от питания ядра для снижения помех

*Память DDR SDRAM (Dual Data Rate — удвоенная скорость данных)* представляет собой дальнейшее развитие SDRAM. Как и следует из названия, у микросхем DDR SDRAM данные внутри пакета передаются с удвоенной скоростью — они переключаются по обоим фронтам синхроимпульсов. На частоте 100 МГц DDR SDRAM имеет пиковую производительность 200 Мбит/пин, что в составе 8-байтных модулей DIMM дает производительность 1600 Мбайт/с. На высоких тактовых частотах (100 МГц) двойная синхронизация предъявляет очень высокие требования к точности выдерживания временных диаграмм. Для повышения точности синхронизации предпринят ряд мер.

Сигнал синхронизации микросхемы подается в дифференциальной форме, что позволяет снизить влияние смещения уровней на точность синхронизации.

Для синхронизации данных в интерфейс введен новый двунаправленный стробирующий сигнал DQS. Стробы генерируются источником данных: при операциях чтения DQS генерируется микросхемой памяти, при записи — контроллером памяти (чипсетом).

Для синхронизации DQS с системной тактовой частотой (CLK) микросхемы имеют встроенные схемы DLL (Delay Locked Loop) для автоподстройки задержки сигнала

DQS относительно CLK. Эта схема работает наподобие фазовой автоподстройки (PLL) и способна выполнять синхронизацию (обеспечивать совпадение фронтов DQS и CLK) лишь в некотором ограниченном диапазоне частот синхронизации.

В отличие от обычных SDRAM, у которых данные для записи передаются одновременно с командой, в DDR SDRAM данные для записи (и маски DQM) подаются с задержкой на один такт (write latency). Значение CAS# Latency может быть и дробным (CL=2, 2.5, 3). Микросхемы SDRAM до “штатного” использования должны быть инициализированы — кроме предзаряда банков у них должны быть запрограммированы параметры конфигурирования. В DDR SDRAM из-за необходимости настройки цепей DLL программирование несколько сложнее.

### **Контрольные вопросы**

1. Память с синхронным интерфейсом — SDRAM и DDR SDRAM
2. Микросхемы синхронной динамической памяти SDRAM.
3. Как происходит пакетная передача данных?
4. Память DDR SDRAM.
5. Микросхемы синхронной динамической памяти SDRAM

## **ГЛАВА 11. ВИРТУАЛЬНАЯ ПАМЯТЬ И ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ПАМЯТИ**

- Концепция виртуальной памяти
- Страничная организация памяти
- Сегментация памяти

### **КОНЦЕПЦИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ПАМЯТИ**

Общепринятая в настоящее время концепция виртуальной памяти появилась достаточно давно. Она позволила решить целый ряд актуальных вопросов организации вычислений. Прежде всего к числу таких вопросов относится обеспечение надежного функционирования мультипрограммных систем.

В любой момент времени компьютер выполняет множество процессов или задач, каждая из которых располагает своим адресным пространством. Было бы слишком накладно отдавать всю физическую память какой-то одной задаче тем более, что многие задачи реально используют только небольшую часть своего адресного пространства. Поэтому необходим механизм разделения небольшой физической памяти между различными задачами. Виртуальная память является одним из способов реализации такой возможности. Она делит физическую память на блоки и распределяет их между различными задачами. При этом она предусматривает также некоторую схему защиты, которая ограничивает задачу теми блоками, которые ей принадлежат. Большинство типов виртуальной памяти сокращают также время начального запуска программы на процессоре, поскольку не весь программный код и данные требуются ей в физической памяти, чтобы начать выполнение.

Другой вопрос, тесно связанный с реализацией концепции виртуальной памяти, касается организации вычислений на компьютере задач очень большого объема. Если программа становилась слишком большой для физической памяти, часть ее

необходимо было хранить во внешней памяти (на диске) и задача приспособить ее для решения на компьютере ложилась на программиста. Программисты делили программы на части и затем определяли те из них, которые можно было бы выполнять независимо, организуя оверлейные структуры, которые загружались в основную память и выгружались из нее под управлением программы пользователя. Программист должен был следить за тем, чтобы программа не обращалась вне отведенного ей пространства физической памяти. Виртуальная память освободила программистов от этого бремени. Она автоматически управляет двумя уровнями иерархии памяти: основной памятью и внешней (дисковой) памятью.

Кроме того, виртуальная память упрощает также загрузку программ, обеспечивая механизм автоматического перемещения программ, позволяющий выполнять одну и ту же программу в произвольном месте физической памяти.

Системы виртуальной памяти можно разделить на два класса: системы с фиксированным размером блоков, называемых страницами, и системы с переменным размером блоков, называемых сегментами. Ниже рассмотрены оба типа организации виртуальной памяти.

Страничная организация памяти. В системах со страничной организацией основная и внешняя память (главным образом дисковое пространство) делятся на блоки или страницы фиксированной длины. Каждому пользователю предоставляется некоторая часть адресного пространства, которая может превышать основную память компьютера и которая ограничена только возможностями адресации, заложенными в системе команд. Эта часть адресного пространства называется виртуальной памятью пользователя. Каждое слово в виртуальной памяти пользователя определяется виртуальным адресом, состоящим из двух частей: старшие разряды адреса рассматриваются как номер страницы, а младшие - как номер слова (или байта) внутри страницы.

Управление различными уровнями памяти осуществляется программами ядра операционной системы, которые следят за распределением страниц и оптимизируют обмены между этими уровнями. При страничной организации памяти смежные виртуальные страницы не обязательно должны размещаться на смежных страницах основной физической памяти. Для указания соответствия между виртуальными страницами и страницами основной памяти операционная система должна сформировать таблицу страниц для каждой программы и разместить ее в основной памяти машины. При этом каждой странице программы, независимо от того находится ли она в основной памяти или нет, ставится в соответствие некоторый элемент таблицы страниц. Каждый элемент таблицы страниц содержит номер физической страницы основной памяти и специальный индикатор. Единичное состояние этого индикатора свидетельствует о наличии этой страницы в основной памяти. Нулевое состояние индикатора означает отсутствие страницы в оперативной памяти.

Для увеличения эффективности такого типа схем в процессорах используется специальная полностью ассоциативная кэш-память, которая также называется буфером преобразования адресов (TLB translation-lookaside buffer). Хотя наличие TLB не меняет принципа построения схемы страничной организации, с точки зрения защиты памяти, необходимо предусмотреть возможность очистки его при переключении с одной программы на другую.

Поиск в таблицах страниц, расположенных в основной памяти, и загрузка TLB может осуществляться либо программным способом, либо специальными аппаратными средствами. В последнем случае для того, чтобы предотвратить возможность обращения пользовательской программы к таблицам страниц, с

которыми она не связана, предусмотрены специальные меры. С этой целью в процессоре предусматривается дополнительный регистр защиты, содержащий описатель (дескриптор) таблицы страниц или базово-граничную пару. База определяет адрес начала таблицы страниц в основной памяти, а граница - длину таблицы страниц соответствующей программы. Загрузка этого регистра защиты разрешена только в привилегированном режиме. Для каждой программы операционная система хранит дескриптор таблицы страниц и устанавливает его в регистр защиты процессора перед запуском соответствующей программы.

Отметим некоторые особенности, присущие простым схемам со страничной организацией памяти. Наиболее важной из них является то, что все программы, которые должны непосредственно связываться друг с другом без вмешательства операционной системы, должны использовать общее пространство виртуальных адресов. Это относится и к самой операционной системе, которая, вообще говоря, должна работать в режиме динамического распределения памяти. Поэтому в некоторых системах пространство виртуальных адресов пользователя укорачивается на размер общих процедур, к которым программы пользователей желают иметь доступ. Общим процедурам должен быть отведен определенный объем пространства виртуальных адресов всех пользователей, чтобы они имели постоянное место в таблицах страниц всех пользователей. В этом случае для обеспечения целостности, секретности и взаимной изоляции выполняющихся программ должны быть предусмотрены различные режимы доступа к страницам, которые реализуются с помощью специальных индикаторов доступа в элементах таблиц страниц.

Следствием такого использования является значительный рост таблиц страниц каждого пользователя. Одно из решений проблемы сокращения длины таблиц основано на введении многоуровневой организации таблиц. Частным случаем многоуровневой организации таблиц является сегментация при страничной организации памяти. Необходимость увеличения адресного пространства пользователя объясняется желанием избежать необходимости перемещения частей программ и данных в пределах адресного пространства, которые обычно приводят к проблемам переименования и серьезным затруднениям в разделении общей информации между многими задачами.

## **СЕГМЕНТАЦИЯ ПАМЯТИ**

Другой подход к организации памяти опирается на тот факт, что программы обычно разделяются на отдельные области-сегменты. Каждый сегмент представляет собой отдельную логическую единицу информации, содержащую совокупность данных или программ и расположенную в адресном пространстве пользователя. Сегменты создаются пользователями, которые могут обращаться к ним по символическому имени. В каждом сегменте устанавливается своя собственная нумерация слов, начиная с нуля.

Обычно в подобных системах обмен информацией между пользователями строится на базе сегментов. Поэтому сегменты являются отдельными логическими единицами информации, которые необходимо защищать, и именно на этом уровне вводятся различные режимы доступа к сегментам. Можно выделить два основных типа сегментов: программные сегменты и сегменты данных (сегменты стека являются частным случаем сегментов данных). Поскольку общие программы должны обладать свойством повторной входимости, то из программных сегментов допускается только выборка команд и чтение констант.

Запись в программные сегменты может рассматриваться как незаконная и запрещаться системой. Выборка команд из сегментов данных также может считаться незаконной и любой сегмент данных может быть защищен от обращений по записи или по чтению.

Для реализации сегментации было предложено несколько схем, которые отличаются деталями реализации, но основаны на одних и тех же принципах.

В системах с сегментацией памяти каждое слово в адресном пространстве пользователя определяется виртуальным адресом, состоящим из двух частей: старшие разряды адреса рассматриваются как номер сегмента, а младшие - как номер слова внутри сегмента. Наряду с сегментацией может также использоваться страничная организация памяти. В этом случае виртуальный адрес слова состоит из трех частей: старшие разряды адреса определяют номер сегмента, средние - номер страницы внутри сегмента, а младшие - номер слова внутри страницы.

Как и в случае страничной организации, необходимо обеспечить преобразование виртуального адреса в реальный физический адрес основной памяти. С этой целью для каждого пользователя операционная система должна сформировать таблицу сегментов. Каждый элемент таблицы сегментов содержит дескриптор (дескриптор) сегмента (поля базы, границы и индикаторов режима доступа). При отсутствии страничной организации поле базы определяет адрес начала сегмента в основной памяти, а граница - длину сегмента. При наличии страничной организации поле базы определяет адрес начала таблицы страниц данного сегмента, а граница - число страниц в сегменте. Поле индикаторов режима доступа представляет собой некоторую комбинацию признаков блокировки чтения, записи и выполнения.

Таблицы сегментов различных пользователей операционная система хранит в основной памяти. Для определения расположения таблицы сегментов выполняющейся программы используется специальный регистр защиты, который загружается операционной системой перед началом ее выполнения. Этот регистр содержит дескриптор таблицы сегментов (базу и границу), причем база содержит адрес начала таблицы сегментов выполняющейся программы, а граница - длину этой таблицы сегментов. Разряды номера сегмента виртуального адреса используются в качестве индекса для поиска в таблице сегментов. Таким образом, наличие базово-границных пар в дескрипторе таблицы сегментов и элементах таблицы сегментов предотвращает возможность обращения программы пользователя к таблицам сегментов и страниц, с которыми она не связана. Наличие в элементах таблицы сегментов индикаторов режима доступа позволяет осуществить необходимый режим доступа к сегменту со стороны данной программы. Для повышения эффективности схемы используется ассоциативная кэш-память.

### **Контрольные вопросы.**

1. Концепция виртуальной памяти
2. Страничная организация памяти
3. Сегментация памяти

## ГЛАВА 12. ОСНОВНЫЕ ВНЕШНИЕ УСТРОЙСТВА ПК

- Клавиатура
- Видеосистема компьютера
- Модемы
- Принтеры и сканеры

*Внутренний динамик* (PC Speaker) – устройство, предназначенное для вывода системных звуковых сообщений. Например, в начале загрузки компьютера происходит тестирование оборудования. Ниже приведена таблица звуковых сигналов, возникающих при самотестировании компьютера.

Таблица 8

Протяжённость и количество гудков	Значение сигналов
1 короткий	Все блоки функционируют нормально
2 коротких	Ошибка связана с монитором
Нет гудков	Неисправность источника питания или системной платы
Непрерывный гудок	Неисправность источника питания или системной платы
Повторяющиеся короткие гудки	Неисправность источника питания или системной платы
1 длинный и 1 короткий	Неисправность системной платы
1 длинный и 2 коротких	Неисправность видеокарты
1 длинный и 3 коротких	Неисправность видеокарты

Кроме того, внутренний динамик может использоваться некоторыми DOS программами и играми.

*Звуковая карта* – устройство, необходимое для редактирования и вывода звука, посредством звуковых колонок. Существуют 8, 16 и 20 разрядные (битные) карты. Для домашнего компьютера хватает 16 битной звуковой карты, поскольку 20 битные – профессиональные карты для программистов, занимающихся музыкой на компьютере, да и стоит такая карта намного дороже других.

*Клавиатура* служит для ввода информации в компьютер и подачи управляющих сигналов. Она содержит стандартный набор алфавитно-цифровых клавиш и некоторые дополнительные клавиши — управляющие и функциональные, клавиши управления курсором, а также малую цифровую клавиатуру.

*Курсор* — светящийся символ на экране монитора, указывающий *позицию*, на которой будет отображаться следующий вводимый с клавиатуры знак.

Все символы, набираемые на клавиатуре, немедленно отображаются на мониторе в позиции курсора.

Наиболее распространена сегодня *101-клавишная клавиатура с раскладкой клавиш QWERTY* (читается “кверти”), названная так по клавишам, расположенным в верхнем левом ряду алфавитно-цифровой части клавиатуры:

Такая клавиатура имеет *12 функциональных клавиш*, расположенных вдоль верхнего края. Нажатие функциональной клавиши приводит к посылке в компьютер не одного символа, а целой совокупности символов.

Функциональные клавиши могут программироваться пользователем. Например, во многих программах для получения помощи (подсказки) задействована клавиша F1, а для выхода из программы — клавиша F10.

Управляющие клавиши имеют следующее назначение:

Enter — клавиша ввода;

Esc (Escape — выход) клавиша для отмены каких-либо действий, выхода из программы, из меню и т.п.;

Ctrl и Alt — эти клавиши самостоятельного значения не имеют, но при нажатии совместно с другими управляющими клавишами изменяют их действие;

Shift (регистр) — обеспечивает смену регистра клавиш (верхнего на нижний и наоборот);

Insert (вставлять) — переключает режимы вставки (новые символы вводятся посреди уже набранных, раздвигая их) и замены (старые символы замещаются новыми);

Delete (удалять) — удаляет символ с позиции курсора;

Back Space или ← — удаляет символ перед курсором;

Home и End — обеспечивают перемещение курсора в первую и последнюю позицию строки, соответственно;

Page Up и Page Down — обеспечивают перемещение по тексту на одну страницу (один экран) назад и вперед, соответственно;

Tab — клавиша табуляции, обеспечивает перемещение курсора вправо сразу на несколько позиций до очередной позиции табуляции;

Caps Lock — фиксирует верхний регистр, обеспечивает ввод прописных букв вместо строчных;

Print Screen — обеспечивает печать информации, видимой в текущий момент на экране.

Длинная нижняя клавиша без названия — предназначена для ввода пробелов.

Клавиши ↑, ↓, ← и → служат для перемещения курсора вверх, вниз, влево и вправо на одну позицию или строку.

*Малая цифровая клавиатура* используется в двух режимах — ввода чисел и управления курсором. Переключение этих режимов осуществляется клавишей Num Lock.

Клавиатура содержит встроенный микроконтроллер (местное устройство управления), который выполняет следующие функции:

- последовательно опрашивает клавиши, считывая введенный сигнал и вырабатывая двоичный *скан-код* клавиши;
- управляет световыми индикаторами клавиатуры;
- проводит внутреннюю диагностику неисправностей;
- осуществляет взаимодействие с центральным процессором через *порт ввода-вывода* клавиатуры.

Клавиатура имеет *встроенный буфер* — промежуточную память малого размера, куда помещаются введенные символы. В случае переполнения буфера нажатие клавиши будет сопровождаться звуковым сигналом — это означает, что символ не введен (отвергнут).

Работу клавиатуры поддерживают специальные программы, "зашитые" в BIOS, а также *драйвер клавиатуры*, который обеспечивает возможность ввода русских букв, управление скоростью работы клавиатуры и др.

**Видеосистема компьютера состоит из трех компонент:**

- монитор (называемый также дисплеем);
- видеоадаптер;
- программное обеспечение (драйверы видеосистемы).

*Видеоадаптер* посылает в монитор сигналы управления яркостью лучей и синхросигналы строчной и кадровой разверток. *Монитор* преобразует эти сигналы в зрительные образы. А *программные средства* обрабатывают видеоизображения — выполняют кодирование и декодирование сигналов, координатные преобразования, сжатие изображений и др.

*Монитор* — устройство визуального отображения информации (в виде текста, таблиц, рисунков, чертежей и др.).

Подавляющее большинство мониторов сконструированы на базе *электронно-лучевой трубки* (ЭЛТ), и принцип их работы аналогичен принципу работы телевизора (рис.58). Мониторы бывают алфавитно-цифровые и графические, монохромные и цветного изображения. Современные компьютеры комплектуются, как правило, цветными графическими мониторами.

Основной элемент дисплея — электронно-лучевая трубка.

Её передняя, обращенная к зрителю часть с внутренней стороны покрыта *люминофором* — специальным веществом, способным излучать свет при попадании на него быстрых электронов.

Люминофор наносится в виде наборов точек трёх основных цветов — *красного, зелёного и синего*. Эти цвета называют основными, потому что их сочетаниями (в различных пропорциях) можно представить любой цвет спектра.

Наборы точек люминофора располагаются по треугольным триадам. Триада образует *пиксел* — точку, из которых формируется изображение (*англ. pixel — picture element*, элемент картинки).

Расстояние между центрами пикселей называется *точечным шагом монитора*. Это расстояние существенно влияет на чёткость изображения. Чем меньше шаг, тем выше чёткость. Обычно в цветных мониторах шаг составляет 0,24 мм. При таком шаге глаз человека воспринимает точки триады как одну точку "сложного" цвета.

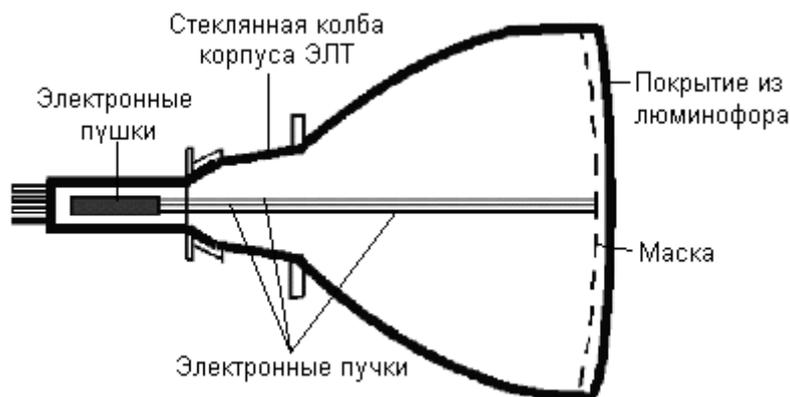


Рисунок 58. Электронно - лучевая трубка.

На противоположной стороне трубки расположены три (по количеству основных цветов) *электронные пушки*. Все три пушки "нацелены" на один и тот же пиксел, но каждая из них излучает поток электронов в сторону "своей" точки люминофора.

Чтобы электроны беспрепятственно достигали экрана, из трубки откачивается воздух, а между пушками и экраном создаётся высокое электрическое напряжение, ускоряющее электроны.

Перед экраном на пути электронов ставится *маска* — тонкая металлическая пластина с большим количеством отверстий, расположенных напротив точек

люминофора. Маска обеспечивает попадание электронных лучей только в точки люминофора соответствующего цвета.

Величиной электронного тока пушек и, следовательно, яркостью свечения пикселей, управляет сигнал, поступающий с видеоадаптера.

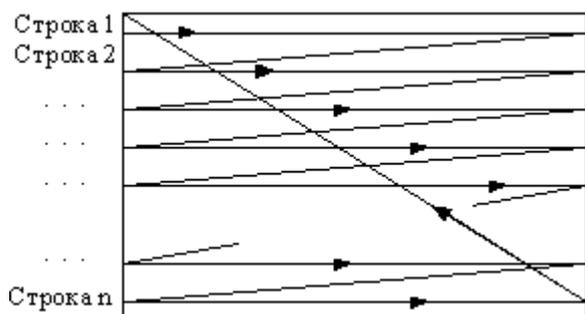


Рисунок 59. Ход электронного пучка по экрану

На ту часть колбы, где расположены электронные пушки, надевается *отклоняющая система* монитора, которая заставляет электронный пучок пробегать

поочерёдно все пиксели строчку за строчкой от верхней до нижней, затем возвращаться в начало верхней строки и т.д.

Количество отображённых строк в секунду называется *строчной частотой развертки*. А частота, с которой меняются кадры изображения, называется *кадровой частотой развёртки*. Последняя не должна быть ниже 60 Гц, иначе изображение будет *мерцать*.

Наряду с традиционными ЭЛТ-мониторами все шире используются плоские *жидкокристаллические* (ЖК) мониторы.

*Жидкие кристаллы* — это особое состояние некоторых органических веществ, в котором они обладают текучестью и свойством образовывать пространственные структуры, подобные кристаллическим. Жидкие кристаллы могут *изменять свою структуру и светооптические свойства под действием электрического напряжения*. Меняя с помощью электрического поля ориентацию групп кристаллов и используя введенные в жидкокристаллический раствор вещества, способные излучать свет под воздействием электрического поля, можно создать высококачественные изображения, передающие более 15 миллионов цветовых оттенков.

Большинство ЖК-мониторов использует тонкую плёнку из жидких кристаллов, помещённую между двумя стеклянными пластинами. Заряды передаются через так называемую *пассивную матрицу* — сетку невидимых нитей, горизонтальных и вертикальных, создавая в месте пересечения нитей точку изображения (несколько размытого из-за того, что заряды проникают в соседние области жидкости).

*Активные матрицы* вместо нитей используют прозрачный экран из транзисторов и обеспечивают яркое, практически не имеющее искажений изображение. Панель при этом разделена на 308160 (642x480) независимых ячеек, каждая из которых состоит из четырех частей (для трёх основных цветов и одна резервная). Таким образом, экран имеет почти 1,25 млн точек, каждая из которых управляется собственным транзистором.

По компактности такие мониторы не знают себе равных. Они занимают в 2 – 3 раза меньше места, чем мониторы с ЭЛТ и во столько же раз легче; потребляют гораздо меньше электроэнергии и не излучают электромагнитных волн, воздействующих на здоровье людей.

Разновидность монитора — *сенсорный экран*. Здесь общение с компьютером осуществляется путём прикосновения пальцем к определённому месту чувствительного экрана. Этим выбирается необходимый режим из меню, показанного на экране монитора.

Меню — это выведенный на экран монитора список различных вариантов работы компьютера, по которому можно сделать конкретный выбор.

*Сенсорными экранами оборудуют рабочие места операторов и диспетчеров, их используют в информационно-справочных системах и т.д.*

*Видеоадаптер* — это электронная плата, которая обрабатывает видеоданные (текст и графику) и управляет работой дисплея. Содержит *видеопамять, регистры ввода вывода и модуль BIOS*. Посылает в дисплей сигналы управления яркостью лучей и сигналы развертки изображения.

Наиболее распространенный видеоадаптер на сегодняшний день — адаптер SVGA (*Super Video Graphics Array* — супервидеографический массив), который может отображать на экране дисплея 1280x1024 пикселей при 256 цветах и 1024x768 пикселей при 16 – 32 миллионах цветов.

С увеличением числа приложений, использующих сложную графику и видео, наряду с традиционными видеоадаптерами широко используются разнообразные устройства компьютерной обработки видеосигналов:

Графические акселераторы (ускорители) — специализированные графические *сопроцессоры*, увеличивающие эффективность видеосистемы. Их применение освобождает центральный процессор от большого объема операций с видеоданными, так как акселераторы самостоятельно вычисляют, какие пиксели отображать на экране и каковы их цвета.

Фрейм-грабберы, которые позволяют отображать на экране компьютера видеосигнал от видеомagneтофона, камеры, лазерного проигрывателя и т. п., с тем, чтобы захватить нужный кадр в память и впоследствии сохранить его в виде файла.

TV-тюнеры — видеоплаты, превращающие компьютер в телевизор. TV-тюнер позволяет выбрать любую нужную телевизионную программу и отображать ее на экране в масштабируемом окне. Таким образом можно следить за ходом передачи, не прекращая работу.

*Аудиоадаптер* (Sound Blaster или звуковая плата) это специальная электронная плата, которая позволяет записывать звук, воспроизводить его и создавать программными средствами с помощью микрофона, наушников, динамиков, встроенного синтезатора и другого оборудования.

Аудиоадаптер содержит в себе два преобразователя информации:

- аналого-цифровой, который преобразует непрерывные (то есть, аналоговые) звуковые сигналы (речь, музыку, шум) в цифровой двоичный код и записывает его на магнитный носитель;

- цифро-аналоговый, выполняющий обратное преобразование сохранённого в цифровом виде звука в аналоговый сигнал, который затем воспроизводится с помощью акустической системы, синтезатора звука или наушников.

Профессиональные звуковые платы позволяют выполнять сложную обработку звука, обеспечивают стереозвучание, имеют собственное ПЗУ с хранящимися в нём сотнями тембров звучаний различных музыкальных инструментов.

Звуковые файлы обычно имеют очень большие размеры. Так, трёхминутный звуковой файл со стереозвучанием занимает примерно 30 Мбайт памяти. Поэтому платы Sound Blaster, помимо своих основных функций, обеспечивают автоматическое сжатие файлов.

Область применения звуковых плат — компьютерные игры, обучающие программные системы, рекламные презентации, "голосовая почта" (voice mail) между компьютерами, озвучивание различных процессов, происходящих в

компьютерном оборудовании, таких, например, как отсутствие бумаги в принтере и т.п.

*Модем* — устройство для передачи компьютерных данных на большие расстояния по телефонным линиям связи.

Цифровые сигналы, вырабатываемые компьютером, нельзя напрямую передавать по телефонной сети, потому что она предназначена для передачи человеческой речи — непрерывных сигналов звуковой частоты.

Модем обеспечивает преобразование цифровых сигналов компьютера в переменный ток частоты звукового диапазона — этот процесс называется модуляцией, а также обратное преобразование, которое называется демодуляцией. Отсюда название устройства: модем — модулятор/демодулятор.



Рисунок 60. Схема реализации модемной связи

Для осуществления связи один модем вызывает другой по номеру телефона, а тот отвечает на вызов. Затем модемы посылают друг другу сигналы, согласуя подходящий им обоим режим связи. После этого передающий модем начинает посылать модулированные данные с согласованной скоростью (количеством бит в секунду) и форматом. Модем на другом конце преобразует полученную информацию в цифровой вид и передает её своему компьютеру. Закончив сеанс связи, модем отключается от линии (рис.44).

Управление модемом осуществляется с помощью специального коммутационного программного обеспечения.

Модемы бывают внешние, выполненные в виде отдельного устройства, и внутренние, представляющие собой электронную плату, устанавливаемую внутри компьютера. Почти все модемы поддерживают и функции факсов.

Факс — это устройство факсимильной передачи изображения по телефонной сети. Название "факс" произошло от слова "факсимиле" (лат. *fac simile* — сделай подобное), означающее точное воспроизведение графического оригинала (подписи, документа и т.д.) средствами печати.

Модем, который может передавать и получать данные как факс, называется факс-модемом.

*Манипуляторы* (мышь, джойстик и др.) — это специальные устройства, которые используются для управления курсором.

Мышь имеет вид небольшой коробки, полностью уместящейся на ладони. Мышь связана с компьютером кабелем через специальный блок — адаптер, и её движения преобразуются в соответствующие перемещения курсора по экрану дисплея. В верхней части устройства расположены управляющие кнопки (обычно их три), позволяющие задавать начало и конец движения, осуществлять выбор меню и т.п.

Джойстик — обычно это стержень-ручка, отклонение которой от вертикального положения приводит к передвижению курсора в соответствующем направлении по экрану монитора. Часто применяется в компьютерных играх. В

некоторых моделях в джойстик монтируется датчик давления. В этом случае, чем сильнее пользователь нажимает на ручку, тем быстрее движется курсор по экрану дисплея.

Трекбол — небольшая коробочка с шариком, встроенным в верхнюю часть корпуса. Пользователь рукой вращает шарик и перемещает, соответственно, курсор. В отличие от мыши, трекбол не требует свободного пространства около компьютера, его можно встроить в корпус машины.

Дигитайзер — устройство для преобразования готовых изображений (чертежей, карт) в цифровую форму. Представляет собой плоскую панель — планшет, располагаемую на столе, и специальный инструмент — перо, с помощью которого указывается позиция на планшете. При перемещении пера по планшету фиксируются его координаты в близко расположенных точках, которые затем преобразуются в компьютере в требуемые единицы измерения.

*Принтеры* (печатающие устройства) - это устройства вывода данных из ЭВМ, преобразующие информационные ASCII-коды в соответствующие им графические символы (буквы, цифры, знаки и т.п.) и фиксирующие эти символы на бумаге.

Принтеры являются наиболее развитой группой ВУ ПК, насчитывающей до 1000 различных модификаций. Принтеры разнятся между собой по различным признакам:

- цветность (черно-белые и цветные);
- способ формирования символов (знакопечатающие и знаковосинтезирующие);
- принцип действия (матричные, термические, струйные, лазерные);
- -способы печати (ударные, безударные) и формирования строк (последовательные, параллельные);
- ширина каретки (с широкой (375 - 450 мм) и узкой (250 мм) кареткой);
- длина печатной строки (80 и 132 - 136 символов);
- набор символов (вплоть до полного набора символов ASCII);
- скорость печати;
- разрешающая способность, наиболее употребительной единицей измерения является dpi (dots per inch) - количество точек на дюйм.

Внутри ряда групп можно выделить по несколько разновидностей принтеров; например, широко применяемые в ПК матричные знаковосинтезирующие принтеры по принципу действия могут быть ударными, термографическими, электрографическими, электростатическими, магнитографическими и др.

Среди ударных принтеров часто используются литерные, шаровидные, лепестковые (типа "ромашка"), игольчатые (матричные) и др.

Печать у принтеров может быть посимвольная, построчная, постраничная. Скорость печати варьируется от 10-300 зн./с (ударные принтеры) до 500- 1000 зн./с и даже до нескольких десятков (до 20) страниц в минуту (безударные лазерные принтеры); разрешающая способность - от 3 - 5 точек на миллиметр до 30 - 40 точек на миллиметр (лазерные принтеры).

Многие принтеры позволяют реализовать эффективный вывод графической информации (с помощью символов псевдографики); сервисные режимы печати; плотная печать, печать с двойной шириной, с подчеркиванием, с верхними и нижними индексами, выделенная печать (каждый символ печатается дважды), печать за два прохода (второй раз символ печатается с незначительным сдвигом) и многоцветная (до 100 различных цветов и оттенков) печать.

## Принтеры и плоттеры

Принтер — это устройство, способное выводить изображение (печатать, откуда и название) на бумагу или пленку. Плоттер (графопостроитель) тоже выводит изображение, но он его не печатает, а вычерчивает. Принципы формирования изображений у принтеров соответствуют растровым дисплеям, у плоттеров — векторным.

Принтеры и плоттеры создают так называемые *твердые копии* (hardcopy) документов; твердость означает невозможность их последующей произвольной модификации (стирания и подчистки в расчет не берутся). По этому признаку принтеры и плоттеры относятся к *пассивным устройствам графического вывода*, их противоположность — активные устройства вывода — дисплеи.

По способу печати принтеры разделяются на буквопечатающие и знаковосинтезирующие (что аналогично текстовому и графическому режимам дисплея), а также последовательные и параллельные. В последовательных принтерах печать осуществляется поэлементно с продвижением по строке, и после прохода строки переходят к печати следующей строки. В параллельных принтерах строка печатается целиком. *Буквопечатающие принтеры* способны печатать только строчки символов из фиксированного набора, что ограничивает область их применения печатью текстовых документов без возможности использования привычного уже разнообразия шрифтов. Вместе с тем, у них есть преимущество в качестве печатаемых символов, а в ряде случаев — и в скорости печати. Таких принтеров существовало (и поныне существует) несколько типов. *Знакосинтезирующие*, они же матричные принтеры, позволяют печатать произвольные изображения. По способу нанесения красителя они делятся на ударные (игольчатые), термические, струйные и лазерные, хотя под матричными, как правило, подразумевают именно игольчатые.

### Буквопечатающие принтеры

*Электрифицированная пишущая машинка* (ЭПМ, она же «пишмашка») для каждой буквы имеет рычаг со штампом литеры (рельефной буквой), ударяющий по бумаге через красящую ленту. Бумага заправляется в каретку, перемещающуюся влево-вправо и продвигающую бумагу вперед. После каждого удара каретка с бумагой перемещается на одну позицию влево. Рычаги приводятся в действие электромагнитами и электромотором. Электромагниты обеспечивают временное сцепление рычага выбранной буквы с приводным валом, чем и обеспечивается удар. Отдельный электромагнит переключает регистр (выбирает прописную или строчную букву), для чего смещается весь блок рычагов. Имеются и электромагниты для управления приводом возврата каретки и перевода строки. Аналогичная конструкция применялась в допотопных принтерах консолей больших машин и в ПК практически не применялась.

*Принтер типа «ромашка»* устроен иначе. Здесь литеры расположены по кругу на гибких рычагах, напоминая лепестки ромашки. Ромашка вращается над кареткой, и в позиции печати имеется молоточек, управляемый электромагнитом. Молоточек ударяет по лепестку, когда требуемая буква находится над позицией печати, и через красящую ленту символ отпечатывается на бумаге. В первых моделях перемещение каретки и бумаги выполнялось аналогично предыдущей конструкции. В других конструкциях подвижной каретки уже не было: протяжку бумаги осуществлял валик, а вдоль строки перемещалась сама головка с ромашкой. Таким образом, из конструкции ушла каретка, движущаяся влево-вправо, что было весьма неудобно в обращении. В одних конструкциях ромашка

поворачивается шаговым двигателем в соответствии с требуемым символом, в других ромашка вращается постоянно, обеспечивая более высокую скорость печати (шаговый двигатель довольно долго поворачивал ромашку до нужного лепестка). Устройство управления обеспечивает синхронизацию молоточка с вращением ромашки в соответствии с символом, поступающим на печать; удар выполняется быстро, так что буква почти не смазывается. Как видно, эти принтеры (как и ЭПМ) являются последовательными, они печатают символ за символом. Принтеры «ромашка» менее шумные и более производительные, чем ЭПМ; такими принтерами комплектовали и первые ПК. Конструкция позволяла довольно легко менять ромашку, выбирая алфавит. Были даже двухцветные принтеры — у них двухцветная красящая лента может перемещаться вверх-вниз, подставляя нужный цвет.

*Барабанный принтер* по идее напоминает «ромашку» с непрерывным вращением, но в ином исполнении. Здесь имеется барабан, длина которого равна всей ширине бумаги, а на поверхность нанесены литеры для каждой печатаемой позиции (132 позиции для широкого принтера). В каждой позиции по всей длине окружности располагаются все символы доступного набора. Барабан постоянно вращается *под* бумагой, а над бумагой расположена красящая лента и линейка молоточков — каждый над своей позицией. Устройство управления довольно сложное — в нем имеется блок регистров, хранящий символы для каждой позиции печатаемой строки. Синхронизатор обеспечивает удар молоточка в момент, когда символ на барабане совпадет с требуемым для данной позиции. Таким образом, обеспечивается *параллельная печать* всей строки за один оборот барабана. Благодаря этому барабанные принтеры имеют очень высокую производительность печати, из-за чего их продолжают кое-где использовать и поныне (подключая принтеры от ЕС ЭВМ к ПК). Кроме того, у этих принтеров (громоздких, тяжелых и шумных) стоимость печати оказывается низкой — расходным материалом является сравнительно недорогая красящая лента (правда, широкая).

### **Матричные игольчатые принтеры**

Игольчатые принтеры (Dot Matrix Printer) имеют печатающую головку, на которой расположена матрица игольчатых молоточков, управляемых электромагнитами. Иголки ударяют по бумаге через красящую ленту, бумага лежит на валике, перемещаясь только продольно (перевод строк выполняется поворотом валика), но в обоих направлениях. Перемещение по строке выполняет сама печатающая головка — она довольно легкая, поэтому ее можно двигать быстро. Все управление механикой выполняет встроенный микроконтроллер принтера. В его ведении находятся шаговые двигатели подачи бумаги и перемещения головки по строке, а также приводы иголок, которых может быть от 8 до 24. На принтере имеются механические или оптоэлектронные датчики крайних положений каретки, а также датчик конца бумаги. Управляя этими механизмами и пользуясь датчиками, можно вывести любое изображение. Во время печати головка движется по строке слева направо, и ударами иголок отпечатываются требуемые точки. После того как строка отпечатана, передвигается бумага и выполняется печать следующей строки. Если бумагу не перемещать, то можно повторно пропечатывать отдельные элементы (символы), и они будут выглядеть ярче. У «умных» принтеров печать может выполняться и на обратном ходе головки (это экономит время), хотя из-за люфтов механики возможно не очень точное совмещение точек, отпечатанных на прямом и обратном ходе.

Матричные принтеры могут работать как в графическом, так и в символьном режимах. Развертку символов в точечное изображение выполняет встроенный процессор (микроконтроллер) принтера, у которого есть ПЗУ с таблицами знакогенераторов. Обычно принтеры имеют несколько таблиц (для разных языков и шрифтов), переключаемых программно (по командам от компьютера), аппаратно (переключателями на принтере) или с помощью кнопок панели управления принтером.

*Контроллер принтера* по интерфейсу принимает от компьютера поток байтов, содержащий данные для печати и управляющие команды. Данные принимаются в буферное ОЗУ, откуда извлекаются и интерпретируются в соответствии возможностями механики. Принтер обеспечивает обратную связь с компьютером: управляет потоком (останавливает по заполнению буфера) и сообщает свое состояние — готовность (On-Line), конец бумаги (Paper End), ошибка (Error). Это позволяет программе работать с принтером не вслепую и сообщать пользователю о необходимости вмешательства. Принтер способен печатать поступающие к нему данные, когда он включен, у него есть бумага и он находится в состоянии On-Line. В состоянии On-Line принтер готов к приему данных от компьютера (если у него есть место в буферной памяти). Заметим, что принтер печатает строку только после того, как «поймет», что у него в буферной памяти собрался окончательный образ для этой строки. В символьном режиме строка будет отпечатана в следующих случаях:

- принято столько символов, сколько умещается в строке, и еще хотя бы один (принтеру полагается воспринимать код «забой», по которому он должен аннулировать предыдущий символ);
- принят символ возврата каретки (CR), перевода строки (LF) или формата (FF);
- оператор нажал кнопку перевода строки или формата (для их срабатывания принтер должен быть переведен в состояние Off-Line, печать строки может быть вызвана и переводом в это состояние).

Таким образом, матричный принтер является *устройством построчного вывода*. В графическом режиме идея печати та же — строка печатается целиком, когда для нее готовы данные (для всех используемых иголок). При переводе принтера в состояние Off-Line печать и прием данных приостанавливаются, но оставшиеся в буфере данные сохраняются. Буфер очищается по включению питания, аппаратному сбросу по сигналу интерфейса и по приему специальной команды.

По включению питания, аппаратному или программному сбросу контроллер выполняет самотестирование и приводит механику в исходное состояние. Для этого он перемещает головку до срабатывания датчика левого положения, чтобы откалибровать систему позиционирования. Некоторые принтеры после этого немало прогоняют головку вправо, чтобы она не мешала заправке бумаги.

*Разрешающая способность* матричного принтера определяется размером матрицы иголок, но и не только им. Точки можно пропечатывать, смещая головку (влево-вправо) и бумагу (вверх-вниз) даже на долю шага так, что точки сольются в почти гладкую линию. Правда, для этого требуется довольно точная механика. Разрешающая способность печати связана со скоростью: поскольку иголки все-таки инерционны, предельная частота их срабатывания ограничена, поэтому для высокого разрешения скорость перемещения головки и бумаги невысока. Первые модели матричных принтеров были довольно грубыми, последующие позволяют достигать разрешения вплоть до 360dpi (точек на дюйм) по обоим координатам. Принтеры, как правило, могут работать в режимах с различным разрешением —

от малого разрешения для быстрой печати черновиков (draft) до высокого разрешения (NLQ — Near Line Quality, качество, близкое к гладким буквам пишущих машинок).

*Цветные матричные принтеры* работают с многоцветной (обычно трехцветной) красящей лентой. Каждая строка печатается за несколько проходов головки, и на каждый проход устанавливается полоса ленты определенного цвета. Конечно, эта цветная печать происходит не быстро, да и качество цветопередачи невысокое.

Матричные принтеры весьма неприхотливы — могут печатать практически на любой бумаге — листовой, рулонной, фальцованной. Листовая бумага подается фрикционным механизмом — валиком, к которому она прижимается обремененным роликом. Листы могут заправляться вручную, а в более дорогих моделях имеются специальные лотки для автоматической подачи бумаги из пачки. Для печати из рулона или стопки фальцованной бумаги с перфорацией по краям механизм подачи бумаги имеет траки — резиновые или пластмассовые «гусеницы» с зубчиками. Траки расположены на общей оси и обеспечивают подачу бумаги без перекосов, неизбежных (пусть и в небольшой степени) при фрикционной подаче. Узкие принтеры позволяют печатать на бумаге шириной до формата А4 (вертикально заправленный лист), широкие — до А3 (горизонтально заправленный лист). Принтеры имеют направляющие, регулируемые по ширине листа, а у моделей с траками направляющие двигаются вместе с траками. Существуют специальные приспособления для печати этикеток.

*Параллельные матричные принтеры* (например, Tally Mannusman) не имеют подвижной печатающей головки — у них иголки расположены вдоль всей печатаемой строки. За счет этого печать происходит очень быстро (с той же скоростью, что и у барабанных буквопечатающих принтеров). Горизонтальное разрешение у этих принтеров не обязательно определяется числом иглок: печатающий блок может немного перемещаться вдоль строки, и каждая строка может быть отпечатана за несколько ударов, при которых точки смещаются относительно друг друга на доли шага иглок. От этих принтеров в основном требуется высокая скорость печати символов, так что механизм повышения разрешения, безусловно снижающий скорость, может включаться лишь для графической печати «экзотических» шрифтов. Эти принтеры, как правило, широкие и работают с рулонной и фальцованной бумагой с перфорацией по краям (фрикционная подача на большой длине всегда будет уводить бумагу в сторону). Принтеры очень дорогие, но при большом объеме текстовой печати весьма эффективные. Расходный материал — красящая лента.

К МП принтеры могут подключиться и через параллельный, и через последовательный порт. Параллельные порты используются для подключения параллельно работающих (воспринимающих информацию сразу по байту) принтеров. Например, адаптеры типа Centronics позволяют подключать одновременно до трех принтеров. Последовательные порты (2 шт.) служат для подключения последовательно работающих (воспринимающих информацию последовательно по 1 биту) принтеров, например адаптеры типа R3-232C (стык С2). Последовательное печатающее устройство вовсе не означает, что оно медленнодействующее. Большинство принтеров используют параллельные порты.

Многие быстродействующие принтеры имеют собственную буферную память емкостью до нескольких сотен килобайт. В заключение следует отметить, что самые популярные принтеры ПК (их доля составляет не менее 30%) выпускает японская фирма Seiko Epson. Язык управления этими принтерами (ESC/P) стал

фактическим стандартом. Широко используются также принтеры фирм Star Micronics, Hewlett Packard, Xerox, Man-nesmann. Citizen, Panasonic и др.

#### *Термопринтеры.*

Кроме матричных игольчатых принтеров есть еще группа матричных термопринтеров, оснащенных вместо игольчатой печатающей головки головкой с термоматрицей и использующих при печати специальную термобумагу или термокопирку (что, безусловно, является их существенным недостатком).

### **Струйные принтеры**

В печатающей головке этих принтеров вместо иголок имеются тонкие трубочки - сопла, через которые на бумагу выбрасываются мельчайшие капельки красителя (чернил). Это безударные печатающие устройства. Матрица печатающей головки обычно содержит от 12 до 64 сопел. В последние годы в их совершенствовании достигнут существенный прогресс: созданы струйные принтеры, обеспечивающие разрешающую способность до 20 точек/мм и скорость печати до 500 зн./с при отличном качестве печати, приближающемся к качеству лазерной печати. Имеются цветные струйные принтеры.

Струйные принтеры также конструктивно аналогичны матричным игольчатым, но вместо удара по бумаге через красящую ленту они «стреляют» по бумаге капельками специальных чернил. Чернила выстреливаются из микроскопических сопел с использованием пьезоэлектрических механических микронасосов или пузырьковой технологии (bubblejet). Пузырьки пара, выталкивающие чернила из сопла, образуются под воздействием микроскопического нагревательного элемента. Число сопел в головке измеряется десятками, благодаря их малому размеру удается достичь высокого разрешения (вплоть до 720 dpi). Цветные струйные принтеры имеют сопла для чернил базисных цветов и черных (набор цветов для модели СМУК — Cyan, Magenta, Yellow, Black). По конструкции чернилниц принтеры разделяются на два типа: с отдельными сменными чернилницами и с чернилницами, совмещенными с головкой. В совмещенном варианте предусматривается дозаправка чернилниц. Струйные принтеры работают тихо, скорость печати определяется режимом: черновая — быстро, качественная, особенно цветная печать, — довольно медленно. Высокое качество достижимо только на хорошей бумаге. На плохой бумаге чернила растекаются, правда, против этого применяют разные ухищрения (например, подогрев бумаги для ускорения высыхания). Струйные принтеры печатают только на листовой бумаге, большинство моделей работает с форматом А4, но есть и А3. Для них подходит бумага, предназначенная для ксероксов. Из-за довольно высокой цены картриджей с чернилами стоимость печати на струйном принтере, особенно цветной, оказывается довольно высокой, в то время как сами принтеры относительно недороги. Иногда у принтеров пересыхают чернила в соплах, и это, как правило, приводит к необходимости замены довольно дорогой головки. В отличие от игольчатых принтеров, которые готовы к работе почти сразу по включению питания, струйные принтеры довольно медлительны — по включению питания они выполняют серию манипуляций с головкой и чернилницами, подготавливаясь к работе. Чтобы сопла не высыхали, головка паркуется в специальном месте. Нештатное отключение питания во время работы не позволяет принтеру припарковать головку, и чернила могут засохнуть в соплах.

Число органов управления у струйных принтеров сведено к 1-2 кнопкам, одна из которых является выключателем питания. Одной кнопкой и переключают режим On-Line/Off-Line, и выводят недопечатанную страницу, и загружают новую

страницу. Перевод строки, смена шрифтов и т. д. кнопками уже не выполняются — всеми этими функциями управляет компьютер. Это вполне закономерно, поскольку в струйном принтере место листа, в котором производится печать в данный момент, скрыто от глаз (поэтому ручной перевод строки не имеет смысла), а шрифтовые возможности настолько богаты (благодаря высокому разрешению), что кнопочное управление тут просто неуместно.

## Лазерные принтеры

В них применяется электрографический способ формирования изображений, используемый в одноименных копировальных аппаратах. Лазер служит для создания сверхтонкого светового луча, вычерчивающего на поверхности предварительно заряженного светочувствительного барабана контуры невидимого точечного электронного изображения - электрический заряд стекает с засвеченных лучом лазера точек на поверхности барабана. После проявления электронного изображения порошком красителя (тонера), налипающего на разряженные участки, выполняется печать - перенос тонера с барабана на бумагу и закрепление изображения на бумаге разогревом тонера до его расплавления. Лазерные принтеры обеспечивают наиболее качественную печать с разрешением до 50 точек/мм (1200 dpi) и скорость печати до 1000 зн./с. Широко используются цветные лазерные принтеры. Например, лазерный принтер фирмы Tektronix (США) Phaser 550 имеет разрешение и по горизонтали, и по вертикали 1200 dpi: скорость цветной печати - 5 страниц формата А4 в минуту, скорость монохромной печати - 14 стр./мин.

В лазерных принтерах используется та же технология переноса изображения на бумагу, что и в копировальных аппаратах. Имеется барабан, покрытый фоточувствительным полупроводником. Поверхность барабана электризуется, после чего модулированный лазерный луч сканирует всю поверхность барабана, разряжая засвеченные участки. Сканирование осуществляется с помощью вращающегося зеркала, направляющего луч на поверхность барабана, и вращения самого барабана. К разряженным точкам поверхности притягивается тонер - очень мелкий красящий порошок, таким образом, на барабане формируется изображение полного листа. Далее синхронно с вращением барабана по барабану прокатывается наэлектризованный лист бумаги, и частички тонера переходят на него. Затем бумага с тонером прокатывается через горячие валки, и тонер припекается к бумаге, после чего лист выводится из принтера. Таким образом, лазерный принтер является постраничным печатающим устройством — он может печатать страницу только целиком, не имея возможности остановиться посреди строки (как последовательный принтер) или листа (как построчный принтер). Цветная печать осуществляется в несколько проходов — каждый раз со своим цветом тонера. Лазерные принтеры обеспечивают высокое качество печати и обладают самым высоким разрешением. Они работают с листовой бумагой высокого качества, пачка которой загружается в лоток, или с пленкой, используемой в полиграфии для вывода оригинал-макетов<sup>1</sup>. Специально для печати на пленку принтеры име-

---

<sup>1</sup> Лазерный принтер можно использовать и для вывода фотошаблонов для изготовления печатных плат, причем отнюдь не на пленку. Напечатав трафарет на глянцевой бумаге (годятся страницы некоторых журналов), его можно перевести на фольгированный текстолит термоспособом (прогладив утюгом, подобрав температуру экспериментально). Далее неокрашенная медь травится обычным способом. Конечно, эта технология — сугубо любительская, и не всякую глянцевую бумагу стерпит принтер.

ют возможность зеркальной печати изображения (именно так и печатают макеты книг). Принтеры чувствительны к механическим свойствам бумаги — плотную и мятую бумагу они заминают, и для извлечения остатков листа приходится открывать принтер. Скорость черно-белой печати достигает десятков листов в минуту, цветная печать выполняется медленнее.

Лазерные принтеры выпускаются в широком ассортименте — от маломощных персональных до мощных. Большие принтеры имеют несколько лотков для бумаги и возможность программного выбора лотка. Для каждой модели принтера имеется оптимальная нагрузка — количество отпечатанных листов за единицу времени, а также ресурс барабана. Превышение нагрузки ведет к ускоренному износу, и принтер может не успеть выработать свой официальный ресурс. Слишком малая нагрузка невыгодна — мощные принтеры стоят дорого, и удельная стоимость печати окажется слишком высокой.

Расходным материалом для лазерного принтера являются картриджи с тонером; иногда имеется возможность дозаправки картриджа порошком. Стоимость печати по расходным материалам у лазерного принтера невысока, но сами принтеры дороже всех других типов (правда, и качественнее).

Лазерные принтеры имеют мощные встроенные процессоры и большой объем буферной памяти, поскольку они должны хранить изображение целой страницы с высоким разрешением. Объемом буферной памяти определяется максимальное разрешение. Особенно много памяти требует цветная печать. Память лазерного принтера может быть расширена установкой дополнительных модулей динамической памяти, правда, ряд моделей довольно капризны по отношению к типам устанавливаемых модулей. Внутреннее ПО принтера, хранящееся в его ПЗУ, может быть расширено путем установки дополнительных модулей, как правило, флэш-памяти.

Органы управления «персональными» лазерными принтерами (как и струйными) минимизированы. Мощные принтеры, имеющие несколько лотков для подачи бумаги и обеспечивающие возможность различных настроек, часто имеют небольшой жидкокристаллический дисплей и кнопки, позволяющие управлять принтером с помощью меню.

## Плоттеры

Плоттеры, они же графопостроители, предназначены для вывода чертежей. Плоттеры являются векторными устройствами (по крайней мере по входным данным). В плоттерах первых поколений пишущее средство перемещалось на бумаге по траектории, заданной отображаемой в данный момент фигурой. Плоттер способен рисовать графические примитивы: точка, отрезок прямой, дуга, эллипс (окружность как его разновидность), прямоугольник. Поток данных, получаемый плоттером, содержит команды рисования этих примитивов и параметры. Многие плоттеры «понимают» и команды написания текста: каждую букву они внутренне интерпретируют как набор отрезков и дуг; для этого они должны иметь соответствующие таблицы знакогенераторов. Плоттеры позволяют выводить изображения на листы разного формата — от А4 для настольных устройств до А1 и А0 у крупных напольных устройств. Для принтеров такие большие размеры недоступны. По способу обеспечения движения пишущего средства относительно бумаги различают планшетные и рулонные плоттеры.

В *планшетном плоттере* лист бумаги укладывается на плоский стол и неподвижно закрепляется. На небольших устройствах лист по краям прижимается металлическими полосками к магнитному столу. На устройствах большого формата листы иногда присасываются воздухом через специальные отверстия в сто-

ле. Над столом в одном направлении перемещается каретка, вдоль которой перемещается пишущая головка. Вся эта конструкция, напоминающая мостовой кран, приводится в движения двумя шаговыми двигателями, обеспечивающими перемещение пишущей головки по всей поверхности листа. Точность позиционирования измеряется десятками и даже сотыми долями миллиметра. Головка перьевого плоттера снабжена пишущим пером. На головке имеется соленоид, который прижимает перо к бумаге в нужных местах. У струйного плоттера используется головка такого же типа, как и у струйного принтера (черно-белая или цветная). Приводы позиционирования и пишущего узла управляются встроенным микроконтроллером в соответствии с принимаемым потоком команд.

В *рулонном плоттере* имеется горизонтальный барабан, на который кладется лист бумаги и прижимается к барабану валиками, Края листа свободно свисают вниз (это напольные конструкции), Пишущая головка перемещается по направляющей только вдоль оси барабана. Вращение барабана (в обоих направлениях) и перемещение головки совместно обеспечивают взаимно перпендикулярные перемещения пишущего средства относительно бумаги. Рулонные плоттеры позволяют выводить чертежи крупного формата, не занимая при этом огромной площади (как планшетные). Здесь жестко ограничена лишь ширина рулона (A1 или A0). Есть устройства, у которых края листа не свисают, а наматываются на специальные барабаны — такие плоттеры могут выводить полотна длиной в несколько метров. Однако в рулонном плоттере при повторных прогонах довольно трудно обеспечивать точное позиционирования бумаги, которая катается по барабану вперед-назад во время вывода чертежа огромное количество раз. Из-за этого требуется очень высокоточная (а потому и дорогая) механика.

Перьевой плоттер способен выбирать перья (по цвету чернил, типу и толщине) из имеющихся у него в распоряжении. Перья бывают разные — типа шариковой ручки (ball tip pen), фломастера (fiber tip pen) или керамического пера (keramic tip pen) — каждый тип имеет свою нишу применения. Для выбора пера используют разные механизмы. В револьверном механизме перья устанавливаются в ячейки барабана, размещенного у края рабочего стола плоттера. Отдельный привод поворачивает барабан на нужный угол, предоставляя для доступа требуемую ячейку. Головка подводится к барабану и определенным движением вынимает из него перо (предварительно поставив прежнее в свободную ячейку). У других плоттеров перья устанавливаются в ряд держателей, и головка для обмена подводится к одному из них.

Внешний интерфейс плоттера — параллельный или последовательный. В отличие от принтеров для плоттеров интерфейс не является узким местом — передача графических команд даже по последовательному интерфейсу происходит гораздо быстрее их механического исполнения. Параллельный интерфейс плоттера ничем не отличается от принтерного. С последовательным интерфейсом на некоторых старых плоттерах бывают сложности. Некоторые плоттеры с последовательным интерфейсом используют программное управление потоком, но посылают не стандартные символы XON/XOFF, а слова (ASCII-строки). Такой протокол обмена на уровне системы практически не поддерживается (эти плоттеры непосредственно «разговаривают» с прикладной программой). Это осложняет подключение плоттера к компьютерной сети (например, через принт-сервер).

У плоттеров имеется ряд специфических параметров:

- формат бумаги (максимальный и минимальный размеры листа);

- линейная скорость движения пера при рисовании и холостых перемещениях;
- максимальное ускорение головки;
- точность позиционирования;
- повторяемость позиционирования (способность многократно попадать в заданную точку после длительных «путешествий»);
- количество цветов;
- поддерживаемые языки графических команд.

Кроме рисующих плоттеров существуют и режущие плоттеры (cutter), в них вместо пишущей имеется режущая головка с механическим или лазерным резакком.

## Сканеры

Сканер - это устройство ввода в ЭВМ информации непосредственно с бумажного документа. Можно вводить тексты, схемы, рисунки, графики, фотографии и другую графическую информацию.

Сканеры являются важнейшим звеном электронных систем обработки документов и необходимым элементом любого "электронного стола". Записывая результаты своей деятельности в файлы и вводя информацию с бумажных документов в ПК с помощью сканера с системой автоматического распознавания образов, можно сделать реальный шаг к созданию систем безбумажного делопроизводства.

Сканеры весьма разнообразны, и их можно классифицировать по целому ряду признаков. Сканеры бывают черно-белые и цветные.

Черно-белые сканеры могут считывать штриховые изображения и полутоновые. Штриховые изображения не передают полутонов или, иначе, уровней серого. Полутоновые позволяют распознать и передать 16, 64 или 256 уровней серого.

Цветные сканеры работают и с черно-белыми, и с цветными оригиналами. В первом случае они могут использоваться для считывания и штриховых, и полутоновых изображений.

В цветных сканерах используется цветовая модель RGB: сканируемое изображение освещается через вращающийся RGB-светофильтр или от последовательно зажигаемых трех цветных ламп; сигнал, соответствующий каждому основному цвету, обрабатывается отдельно. Число передаваемых цветов колеблется от 256 до 65536 (стандарт High Color) и даже до 16,7 млн. (стандарт True Color).

Разрешающая способность сканеров составляет от 75 до 1600 dpi (dot per inch). Конструктивно сканеры бывают ручные и настольные. Настольные, в свою очередь, делятся на планшетные, роликовые и проекционные.

Ручные сканеры конструктивно самые простые: они вручную перемещаются по изображению. С их помощью за один проход вводится лишь небольшое количество строчек изображения (их захват обычно не превышает 105 мм). У ручных сканеров имеется индикатор, предупреждающий оператора о превышении допустимой скорости сканирования. Эти сканеры имеют малые габариты и низкую стоимость. Скорость сканирования 5-50 мм/с (зависит от разрешающей способности).

Файл, создаваемый сканером в памяти машины, называется битовой картой. Существуют два формата представления графической информации в файлах компьютера: растровый формат и векторный.

В растровом формате графическое изображение запоминается в файле в виде мозаичного набора множества точек (нулей и единиц), соответствующих пикселям отображения этого изображения на экране дисплея. Редактировать этот файл средствами стандартных текстовых и графических процессоров не представляется возможным, ибо эти процессоры не работают с мозаичным представлением информации. В текстовом формате информация идентифицируется характеристиками шрифтов, кодами символов, абзацев и т.п. Стандартные текстовые процессоры предназначены для работы именно с таким представлением информации.

Следует также иметь в виду, что битовая карта требует большого объема памяти для своего хранения. Так, битовая карта с 1 листа документа формата А4 (204x297 мм) с разрешением 10 точек/мм и без передачи полутонов (штриховое изображение) занимает около 1 Мбайта памяти, она же при воспроизведении 16 оттенков серого - 4 Мбайта, при воспроизведении цветного качественного изображения (стандарт High Color - 65536 цветов) - 16 Мбайт. Иными словами, при использовании стандарта True Color и разрешающей способности 50 точек/мм для хранения даже одной битовой карты может не хватить емкости НЖМД. Сокращение объема памяти, необходимой для хранения битовых карт, осуществляется различными способами сжатия информации, например TIFF (Tag Image File Format), CT1FF (Compressed TIFF), JPEG, PCX, GIF (Graphics Interchange Format - формат графического обмена) и др. (файлы с битовыми картами имеют соответствующие указанным аббревиатурам расширения).

Наиболее предпочтительным является использование сканера совместно с программами систем распознавания образов, например типа OCR (Optical Character Recognition). Система OCR распознает считанные сканером с документа битовые (мозаичные) контуры символов (букв и цифр) и кодирует их ASCII-кодами, переводя в удобный для текстовых редакторов векторный формат.

Некоторые системы OCR предварительно нужно обучить распознаванию - ввести в память сканера шаблоны и прототипы распознаваемых символов и соответствующие им коды. Сложности возникают при распознавании букв, совпадающих по начертанию в разных алфавитах (например, в латинском (английском) и в русском - кириллица), и разных гарнитур (способов начертания) шрифтов. Но большинство систем не требуют обучения: в их памяти уже заранее помещены распознаваемые символы. Так, одна из лучших OCR - программный пакет TIGER 2.0 содержит прототипы 30 различных гарнитур, а для распознавания английских и русских букв использует встроенные электронные словари.

В последние годы появились интеллектуальные программы распознавания образов типа Omnifont, которые опознают символы не по точкам, а по характерной для каждого из них индивидуальной топологии. При наличии системы распознавания образов текст записывается в память ПК уже не в виде битовой карты, а в виде кодов, и его можно редактировать обычными текстовыми редакторами.

Сканер подключается к параллельному порту ПК. Для работы со сканером ПК должен иметь специальный драйвер, желательно драйвер, соответствующий стандарту TWAIN. В последнем случае возможна работа с большим числом TWAIN-совместимых сканеров и обработка файлов поддерживаемыми стандартом TWAIN программами, например распространенными графическими редакторами Corel Draw, Max Mate, Picture Publisher, Adobe PhotoShop, Photo Finish. Распознавание текста FineReader. Большинство драйверов ориентированы на работу с локальным компьютерным интерфейсом SCSI.

## Контрольные вопросы

1. Какие функциональные и управляющие клавиши вы знаете?
2. Из каких компонент состоит видеосистема компьютера?
3. Для чего предназначены модемы?
4. Перечислите типы принтеров?
5. Типы и назначение сканеров.

## ГЛАВА 13. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПЭВМ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

- Основные характеристики последних моделей МП фирмы Intel
- Особенности МП с архитектурой RISC
- Тенденции в развитии производства ПЭВМ
- Вычислительные системы

Перспективы развития ПЭВМ во многом определяются функциональными возможностями, технико-эксплуатационными характеристиками и архитектурным построением МП.

В настоящее время крупнейшим производителем МП в мире является фирма Intel. Последняя модель фирмы Intel — МП Pentium используется в мощных настольных ПЭВМ, рабочих станциях и многопроцессорных серверах.

МП Pentium имеет суперскалярную архитектуру, два конвейера с отдельными исполнительными устройствами, встроенный сопроцессор с плавающей точкой. Локальная шина PCI (Peripheral Component Interconnect) предназначена для передачи данных между процессором и высокоскоростной периферийной ПЭВМ. Пропускная способность PCI достигает 132 Мбайт/с, причем возможно дальнейшее наращивание пропускной способности до 264 Мбайт/с. Шина PCI позволяет использовать одни и те же высокоскоростные периферийные устройства в ПЭВМ с процессорами Intel, ALPHA или RISC.

Использование шины PCI с процессором Pentium обеспечивает максимальную пропускную способность при работе с сетями, графикой, дисками и т.п. Фирма Intel рекомендует использовать МП Pentium при решении задач моделирования, трехмерного проектирования, для создания серверов и многопроцессорных систем.

Прогресс в развитии МП обеспечивается использованием новых архитектурных решений, в частности транспьютерной и RISC-архитектуры, конвейерного выполнения команд, применения сопроцессоров, параллельной обработки данных и т.п.

Характеристика	Модель			
	Intel SX2	Intel DX2	Intel DX4	Pentium
Ширина шины, бит	32	32	32	32
Инструкций на такт, макс.	1	1	1	2
Физическое адресное пространство, Гбайт	4	4	4	4
Рабочая частота, Мгц	50	40, 50, 66	75, 100	60, 66, 90, 100...200
Математический сопроцессор	Процессор Over Drive	Встроен	Встроен	Встроен
Кэш-память, Кбайт	8	8	16	8(данные) 8(код)

Рассмотрим особенности МП с архитектурой RISC (Reduced Instruction Set Computer — «компьютер с сокращенной системой команд»). В этих МП применяется сравнительно небольшой (сокращенный) набор наиболее часто употребляемых команд, определенный в результате статистического анализа большого числа программ.

Для RISC-архитектуры характерны следующие факторы: все команды имеют одинаковый формат; большинство команд — трехадресные; большое количество внутренних регистров МП, позволяющее резко сократить число обращений к ОП, а следовательно, уменьшить время машинного цикла; конвейеризация выполнения команд; наличие кэш-памяти.

Ограниченный набор команд сравнительно простой структуры дает возможность уменьшить количество аппаратуры.

При одной и той же тактовой частоты ПЭВМ RISC-архитектуры имеют производительность в 2 — 4 раза выше, чем ПЭВМ обычной архитектуры. В настоящее время ПЭВМ с RISC-архитектурой применяются в качестве графических рабочих станций, серверов локальных сетей, являются основой для создания современных управляющих, телекоммуникационных и банковских сетей. На отечественном рынке предлагаются модели новых систем RISC/6000 — семи моделей серверов и четырех моделей рабочих станций на базе МП Power PC (фирма IBM). МП Power PC 601 работает с тактовой частотой от 50 до 200 Мгц. Фирма Apple выпустила в продажу модель Power Macintosh 8100/80 на базе процессора Power PC 601 RISC 80 Мгц со встроенным сопроцессором и кэш-памятью 32 Мбайт, ОП емкостью 16 Мбайт (с возможностью расширения до 264 Мбайт) и винчестером емкостью 1000 Мбайт.

*Транспьютеры*, как правило, используются в качестве сопроцессоров. Они рассчитаны на работу в параллельных системах с однотипными процессорными элементами и аппаратной поддержкой вычислительных процессоров. В состав

системы команд транспьютеров входят команды управления процессами, поддержки инструкций, языков высокого уровня. Транспьютеры используют коммуникационные быстрые каналы, которые позволяют передавать по одной магистрали данные в процессор, а по другой (одновременно) — данные из него. Высокая производительность обеспечивается прежде всего за счет высокой скорости работы АЛУ и передачи операндов.

В современных МП широко применяются кэш-память и виртуальная память, что приближает ПЭВМ по функциональным возможностям к большим ЭВМ. В ПЭВМ стали использовать многозадачный режим работы, динамическое распределение памяти, системы защиты памяти.

На отечественном компьютерном рынке появилось большое количество разнообразных моделей ПЭВМ многих фирм. Большинство из них, однако, построены на МП фирмы Intel. Менее распространены модели ПЭВМ, созданные на базе МП фирмы Motorola.

В настоящее время тенденции в развитии производства ПЭВМ сводятся к насыщению рынка ПЭВМ следующих трех классов: профессиональные многопроцессорные ПЭВМ, приблизившиеся по своим параметрам к большим ЭВМ; сравнительно недорогие ПЭВМ для массового потребителя; микроминиатюрные ПЭВМ (типа NOTEBOOK и HANDHELD). При выборе ПЭВМ следует обращать внимание прежде всего на скорость работы МП (на его тактовую частоту), которая во многом определяет диапазон применения компьютера. Важным фактором эффективности использования ПЭВМ является емкость ОП, обеспечивающая возможность хранения набора программ, которые планируется выполнять на выбранной ПЭВМ. Емкость ОП для работы в среде Windows, например, не должна быть ниже 4 Мбайт.

Периферийные устройства необходимо выбирать по их технико-эксплуатационным параметрам, ориентируясь на классы задач, которые должны решаться на ПЭВМ, условия эксплуатации ПЭВМ, а также удобства, предоставляемые пользователю. При этом следует учитывать возможность развития потребностей пользователя. Это особенно важно при выборе НЖМД, поскольку многие современные программные средства требуют для своего хранения десятков мегабайт памяти на НЖМД типа «винчестер».

## **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

*Вычислительная система* (рис.61) (*вычислительный комплекс*) — взаимосвязанная совокупность сред вычислительной техники, в которую входит не менее двух основных процессоров либо вычислительных машин, и развитая система периферийных устройств. Вычислительные системы (ВС) имеют многоуровневую информационную организацию.

На I уровне системы располагаются центральные процессоры (ЦП), в состав которых входят арифметико-логические устройства, центральные устройства управления и внутренняя память процессоров (иногда сверхоперативная память СОП). Процессоров может быть несколько. Они могут быть универсальными и

специализированными и отличаются своими функциональными возможностями. На этом же уровне находятся модули оперативных запоминающих устройств.

II уровень составляют процессоры ввода-вывода (каналы ввода-вывода), которые предназначены для выполнения операций ввода-вывода и обеспечивают все двусторонние связи между оперативной памятью и процессором, с одной стороны, и множеством различных периферийных устройств — с другой. Каналы ввода-вывода позволяют осуществлять параллельную работу высокоскоростного центрального процессора и сравнительно медленно действующих устройств ввода-вывода с различными техническими характеристиками.

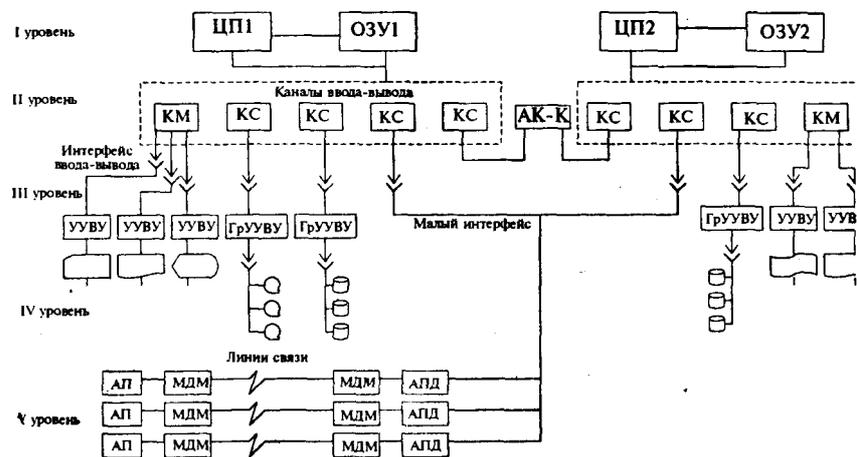


Рисунок 61. Обобщенная структурная схема вычислительной системы:

ЦП— центральный процессор; ОЗУ— оперативное запоминающее устройство; КМ— мультиплексный канал; КС— селекторный канал; У УДУ—устройство управления внешними (периферийными) устройствами; ГруУВУ— групповое устройство управления внешними устройствами; АП — абонентский пункт; МДМ— модем; АПД— аппаратура передачи данных; АК-К— адаптер «канал-канал»

Благодаря такому построению исключает «жесткое» подключение периферийных устройств к ЦП. Канал ввода-вывода представляет собой самостоятельное в логическом отношении устройство, работающее по собственной программе, хранимой в памяти машины.

Каналы ввода-вывода универсальных ВС в зависимости от пропускной способности канала, режима его работы и характеристик подключаемых периферийных устройств делятся на быстрые (селекторные — КС) и медленные (мультиплексные — КМ).

Селекторный канал обладает высокой пропускной способностью и управляет обменом информации с внешними запоминающими устройствами. Этот канал позволяет только одному из присоединенных к нему устройств ввода-вывода осуществлять в данный момент операцию ввода-вывода.

Мультиплексный канал обеспечивает связь медленнодействующих устройств ввода-вывода с центральным процессором и допускает параллельное

подключение нескольких устройств. Этот канал включает в свой состав несколько подканалов и может одновременно выполнять по одной операции в каждом подканале. Подканалом являются средства канала, необходимые для осуществления операции ввода-вывода и связи с одним периферийным устройством. Информационные магистрали канала, по которым происходит обмен информацией, попеременно обслуживаются параллельно работающими устройствами ввода-вывода. Устройства ввода-вывода подключаются к каналу на короткое время, необходимое для передачи или приема информации. Адаптер «канал — канал» предназначен для обмена информацией между процессорами и различными модулями оперативной памяти и обеспечивает создание многопроцессорного или многомашинного вычислительного комплекса.

На III уровне находятся интерфейс ввода-вывода (устройство сопряжения) и устройства управления внешними (периферийными) устройствами (УУВУ). Связь центрального процессора с внешними устройствами как через селекторный, так и через мультиплексный каналы выполняется по универсальному стандартному принципу, заключающемуся в наличии определенного набора сигналов и одной и той же временной диаграммы взаимодействия для всех внешних устройств независимо от их типа. Благодаря наличию стандартного сопряжения последовательность управляющих сигналов одинакова для всех устройств, связанных с одним каналом.

Возможность изменения конфигурации системы ввода-вывода достигается использованием различных типов УУВУ: одиночных, группового и разделенного.

Одиночные УУВУ применяются для управления работой только одного внешнего устройства, например, устройства вывода на печать. Групповое УУВУ (ГрУУВУ) обслуживает несколько однотипных внешних устройств, причем в каждый момент времени оно обслуживает только одно ВУ, например ВЗУ на магнитном диске. Разделенное УУВУ может быть подсоединено к двум каналам, однако на все время выполнения заданной операции ввода-вывода оно работает только с одним каналом.

Групповое устройство управления внешними устройствами конструктивно расположено в отдельной стойке, поэтому необходим малый интерфейс, унифицированная система связей и сигналов между УУВУ и соответствующими внешними запоминающими устройствами. Одиночное УУВУ, которое управляет работой одного устройства ввода-вывода, обычно размещается конструктивно в одной стойке с этим внешним устройством.

Интерфейс обеспечивает: стандартную организацию выполнения операций ввода-вывода, простоту программирования операций ввода-вывода, возможность обмена информацией с несколькими ЭВМ, возможность наращивания мощности по вводу-выводу.

В состав интерфейса входят совокупность унифицированных шин для передачи информации и система унифицированных сигналов, электронных схем и алгоритмов управления обменом информацией.

IV уровень составляют периферийные устройства. К ним относятся внешние запоминающие устройства и устройства ввода-вывода.

В современных вычислительных системах можно выделить V уровень, который составляют абонентские пункты, аппаратура передачи данных и каналы связи. Этот уровень необходим при использовании ВС в системах распределенной обработки данных, вычислительных центрах коллективного пользования, вычислительных сетях.

В описанной многоуровневой структуре реализуется классическая фон-неймановская организация ВС и предполагает последовательную обработку информации по заранее составленной программе. Однако повышение производительности ВС классической организации сдерживается ограниченными возможностями элементной базы. Поэтому в ЭВМ пятого поколения, интенсивная разработка которых ведется в настоящее время, предполагается создание параллельных систем, имеющих отличную от представленной выше структуру. Основой таких систем является большое количество элементарных процессоров, которые могут работать параллельно в различном сочетании.

Подобные структуры получили название *потокowych*. Название связано с наличием потока команд — последовательности команд, выполняемых вычислительной системой, и потока данных — последовательности данных, обрабатываемых под управлением потока команд, причем в состав потока данных включается как исходная, так и промежуточная информация.

Эффективность применения больших и суперЭВМ значительно повышается, если они объединяются в вычислительную сеть.

*Вычислительная сеть* включает несколько высокопроизводительных вычислительных систем или вычислительных центров коллективного пользования, объединенных каналами связи. Она позволяет наиболее полно обеспечить потребности пользователей в выполнении информационно-вычислительных работ. Аппаратура вычислительной сети включает средства вычислительной техники различного уровня, каналы связи, аппаратуру передачи данных, абонентские пункты (терминалы). Использование вычислительной техники в виде вычислительных сетей позволяет значительно увеличить число пользователей ЭВМ, создавать банки данных, производить обмен информацией и программами между вычислительными системами и отдельными пользователями сети.

Развитие архитектуры ЭВМ в период машин четвертого поколения привело к появлению структур, в которых вычислительный процесс может протекать по нескольким ветвям параллельно, что приводит к увеличению производительности вычислительных машин. Идея параллелизма была технически реализована в многопроцессорных системах, состоящих из двух или более взаимосвязанных процессоров, работающих с общей памятью и управляемых общей операционной системой.

В результате возросшего быстродействия ЭВМ стало возможным расширить оперативную память за счет введения виртуальной памяти, основанной на страничном обмене информации между внешней и основной памятью.

Наиболее крупным достижением, связанным с применением БИС, стало создание микропроцессоров, а затем на их основе микроЭВМ. Если прежние

поколения ЭВМ требовали для своего расположения специальных помещений, системы вентиляции, специального оборудования для электропитания, то требования, предъявляемые к эксплуатации микроЭВМ, ничем не отличаются от условий эксплуатации бытовых электроприборов. При этом они имеют достаточно высокую производительность, экономичны в эксплуатации и дешевы. МикроЭВМ используются в измерительных комплексах, системах числового программного управления, в управляющих системах различного назначения.

Дальнейшее развитие микроЭВМ привело к созданию персональных компьютеров (ПК), широкое распространение которых началось с 1975 г., когда фирма IBM выпустила свой первый персональный компьютер IBM PC. Сейчас такие компьютеры (совместимые с IBM PC) составляют около 90 % всех производимых в мире ПК. В ПК реализован принцип открытой архитектуры, который означает, что по мере улучшения характеристик основных блоков ПК возможна легкая замена устаревших частей, а модернизированный блок будет совместим с ранее используемым оборудованием. Другими преимуществами ПК являются развитые средства диалога, высокая надежность, удобство эксплуатации, наличие программного обеспечения, охватывающего практически все сферы человеческой деятельности.

В период машин четвертого поколения стали также серийно производиться и суперЭВМ. Рост степени интеграции БИС стал технологической основой производительности ЭВМ. В нескольких серийных моделях была достигнута производительность свыше 1 млрд. операций в секунду. К числу наиболее значительных разработок машин четвертого поколения относится ЭВМ «Крей-3», спроектированная на основе принципиально новой технологии — замены кремниевого кристалла арсенидом галлия, имеющая производительность до 16 млрд. операций в секунду. Примером отечественной суперЭВМ является многопроцессорный вычислительный комплекс «Эльбрус» с быстродействием до  $1,2 \cdot 10^8$  оп/с.

С конца 80-х годов в истории развития вычислительной техники наступила пора пятого поколения ЭВМ. Технологические, конструкторские, структурные и архитектурные идеи машин пятого поколения принципиально отличаются от машин предшествующих поколений. Прежде всего их структура и архитектура отличаются от фон-неймановской (классической). Высокая скорость выполнения арифметических вычислений дополняется высокими скоростями логического вывода. Даже скорость предполагается выражать в единицах логического вывода. Машина состоит из нескольких блоков. Блок общения обеспечивает интерфейс между пользователем и ЭВМ на естественном языке и дисциплина программирования как наука для пользователя перестает в будущем быть актуальной. Важное место в структуре ЭВМ занимает блок, представляющий базу знаний, в котором хранятся знания, накопленные человечеством в различных предметных областях, которые постоянно расширяются и пополняются.

Следующий блок, называемый решателем, организует подготовку программы решения задачи на основании знаний, получаемых из базы знаний и исходных

данных, полученных из блока общения. Ядро вычислительной системы составляет ЭВМ высокой производительности.

В связи с появлением новой базовой структуры ЭВМ в машинах пятого поколения широко используются модели и средства, разработанные в области искусственного интеллекта.

### Контрольные вопросы:

1. Назовите основные характеристики последних моделей МП фирмы Intel.
2. Расскажите об особенностях МП с архитектурой RISC.
3. Тенденции в развитии производства ПЭВМ.
4. Расскажите о вычислительных системах.

## ГЛАВА 14. ТОПОЛОГИИ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

- Место и роль локальных сетей
- Топологии локальных сетей
- Топология шина
- Топология звезда
- Топология кольцо
- Смешанные топологии

### Роль локальных сетей

Связь на небольшие расстояния в компьютерной технике существовала еще задолго до появления первых персональных компьютеров.

К большим компьютерам (mainframes), присоединялись многочисленные терминалы (или "интеллектуальные дисплеи"). Сначала, интеллекта в этих терминалах было очень мало, практически никакой обработки информации они не делали, и основная цель организации связи состояла в том, чтобы разделить интеллект ("машинное время") большого мощного и дорогого компьютера между пользователями, работающими за этими терминалами, называемое **режимом разделения времени**, так как большой компьютер последовательно во времени решал задачи множества пользователей. В данном случае достигалось совместное использование самых дорогих в то время ресурсов - вычислительных (рис. 62).

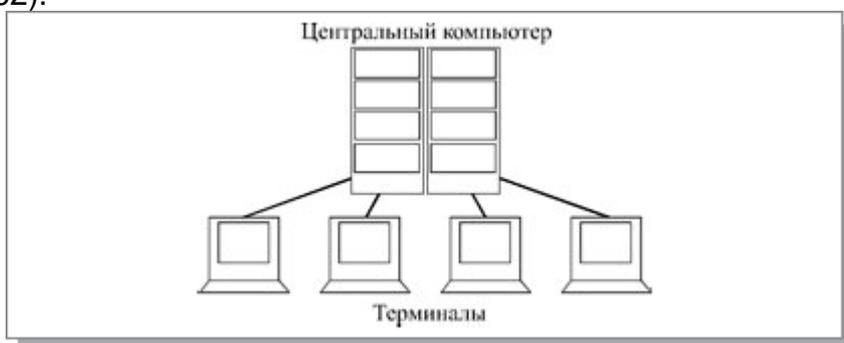


Рисунок 62. Подключение терминалов к центральному компьютеру

Отличительные признаки *локальной сети* можно сформулировать следующим образом:

- Высокая скорость передачи информации, большая пропускная способность сети. Приемлемая скорость сейчас — не менее 10 Мбит/с.
- Низкий уровень ошибок передачи (или, что то же самое, высококачественные каналы связи). Допустимая вероятность ошибок передачи данных должна быть порядка  $10^{-8}$  —  $10^{-12}$ .
- Эффективный, быстродействующий механизм управления обменом по сети.
- Заранее четко ограниченное количество компьютеров, подключаемых к сети.

При таком определении понятно, что глобальные сети отличаются от *локальных* прежде всего тем, что они рассчитаны на неограниченное число *абонентов*. Кроме того, они используют (или могут использовать) не слишком качественные каналы связи и сравнительно низкую скорость передачи. А механизм управления *обменом* в них не может быть гарантированно быстрым. В глобальных сетях гораздо важнее не качество связи, а сам факт ее существования.

Нередко выделяют еще один класс компьютерных сетей — городские, региональные сети (MAN, Metropolitan Area Network), которые обычно по своим характеристикам ближе к глобальным сетям, хотя иногда все-таки имеют некоторые черты *локальных сетей*, например, высококачественные каналы связи и сравнительно высокие скорости передачи. В принципе городская сеть может быть *локальной* со всеми ее преимуществами.

### Топологии локальных сетей

Под *топологией* (компоновкой, конфигурацией, структурой) компьютерной сети обычно понимается физическое расположение компьютеров сети друг относительно друга и способ соединения их *линиями связи*. Важно отметить, что понятие *топологии* относится, прежде всего, к *локальным сетям*, в которых структуру связей можно легко проследить. В глобальных сетях структура связей обычно скрыта от пользователей и не слишком важна, так как каждый сеанс связи может производиться по собственному пути.

*Топология* определяет требования к оборудованию, тип используемого кабеля, допустимые и наиболее удобные методы управления *обменом*, надежность работы, возможности расширения сети. И хотя выбирать *топологию* пользователю сети приходится нечасто, знать об особенностях основных *топологий*, их достоинствах и недостатках надо.

Существует три, базовые *топологии* сети:

- **Шина** (bus) — все компьютеры параллельно подключаются к одной *линии связи*. Информация от каждого компьютера одновременно передается всем остальным компьютерам (рис. 63).

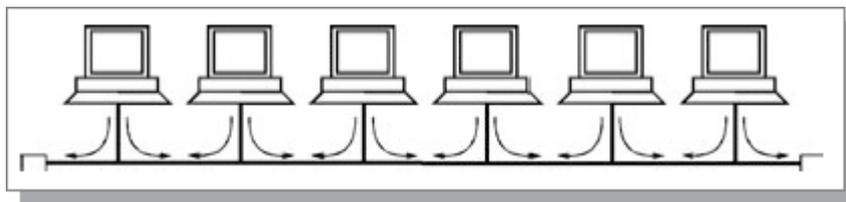


Рисунок 63. Сетевая топология шина

- **Звезда (star)** — к одному центральному компьютеру присоединяются остальные периферийные компьютеры, причем каждый из них использует отдельную *линию связи* (рис.64). Информация от периферийного компьютера передается только центральному компьютеру, от центрального — одному или нескольким периферийным.

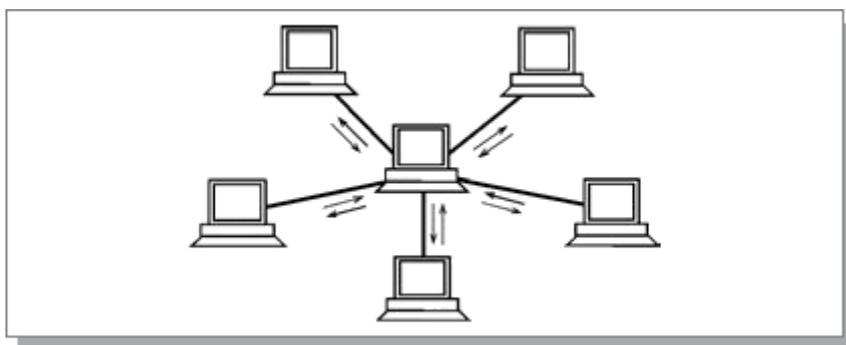


Рисунок 64. Сетевая топология звезда

- **Кольцо (ring)** — компьютеры последовательно объединены в кольцо. Передача информации в кольце всегда производится только в одном направлении. Каждый из компьютеров передает информацию только одному компьютеру, следующему в цепочке за ним, а получает информацию только от предыдущего в цепочке компьютера (рис. 65)

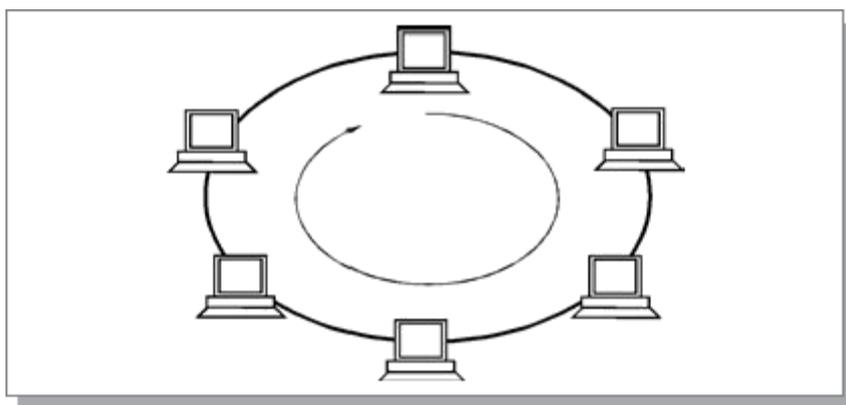


Рисунок 65. Сетевая топология кольцо

На практике нередко используют и другие *топологии локальных сетей*, однако большинство сетей ориентировано именно на три базовые *топологии*.

Прежде чем перейти к анализу особенностей базовых сетевых *топологий*, необходимо выделить некоторые важнейшие факторы, влияющие на физическую работоспособность сети и непосредственно связанные с понятием *топология*.

- Исправность компьютеров (*абонентов*), подключенных к сети. В некоторых случаях поломка *абонента* может заблокировать работу всей сети.

Иногда неисправность *абонента* не влияет на работу сети в целом, не мешает остальным *абонентам* обмениваться информацией.

- Исправность сетевого оборудования, то есть технических средств, непосредственно подключенных к сети (адаптеры, трансиверы, разъемы и т.д.). Выход из строя сетевого оборудования одного из *абонентов* может сказаться на всей сети, но может нарушить *обмен* только с одним *абонентом*.

- Целостность кабеля сети. При обрыве кабеля сети (например, из-за механических воздействий) может нарушиться *обмен информацией* во всей сети или в одной из ее частей. Для электрических кабелей столь же критично короткое замыкание в кабеле.

- Ограничение длины кабеля, связанное с затуханием распространяющегося по нему сигнала. Как известно, в любой среде при распространении сигнал ослабляется (затухает). И чем большее расстояние проходит сигнал, тем больше он затухает (рис. 66). Необходимо следить, чтобы длина кабеля сети не была больше предельной длины  $L_{пр}$ , при превышении которой затухание становится уже неприемлемым (принимающий *абонент* не распознает ослабевший сигнал).

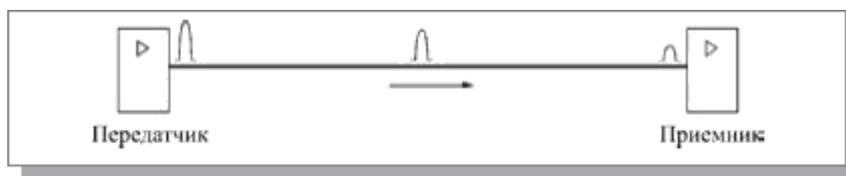


Рисунок 66. Затухание сигнала при распространении по сети

### Топология шина

*Топология* шина (или, как ее еще называют, общая шина) самой своей структурой предполагает идентичность сетевого оборудования компьютеров, а также равноправие всех *абонентов* по доступу к сети. Компьютеры в шине могут передавать только по очереди, так как *линия связи* в данном случае единственная. Если несколько компьютеров будут передавать информацию одновременно, она исказится в результате наложения (**конфликта, коллизии**). В шине всегда реализуется режим так называемого **полудуплексного обмена** (в обоих направлениях, но по очереди, а не одновременно).

В *топологии* шина отсутствует явно выраженный центральный *абонент*, через которого передается вся информация, это увеличивает ее надежность (ведь при отказе центра перестает функционировать вся управляемая им система). Добавление новых *абонентов* в шину довольно просто и обычно возможно даже во время работы сети. В большинстве случаев при использовании шины требуется минимальное количество соединительного кабеля по сравнению с другими *топологиями*.

Поскольку центральный *абонент* отсутствует, разрешение возможных конфликтов в данном случае ложится на сетевое оборудование каждого отдельного *абонента*. В связи с этим сетевая аппаратура при *топологии* шина сложнее, чем при других *топологиях*. Тем не менее, из-за широкого распространения сетей с *топологией* шина (прежде всего наиболее популярной сети Ethernet) стоимость сетевого оборудования не слишком высока.



Рисунок 67. Обрыв кабеля в сети с топологией шина

Важное преимущество шины состоит в том, что при отказе любого из компьютеров сети, исправные машины смогут нормально продолжать обмен.

Казалось бы, при обрыве кабеля получаются две вполне работоспособные шины (рис. 67). Однако надо учитывать, что из-за особенностей распространения электрических сигналов по длинным *линиям связи* необходимо предусматривать включение на концах шины специальных согласующих устройств, **терминаторов**, показанных на рис. 63 и 67 в виде прямоугольников. Без включения терминаторов сигнал отражается от конца *линии* и искажается так, что связь по сети становится невозможной. В случае разрыва или повреждения кабеля нарушается согласование *линии связи*, и прекращается обмен даже между теми компьютерами, которые остались соединенными между собой. Подробнее о согласовании будет изложено в специальном разделе книги. Короткое замыкание в любой точке кабеля шины выводит из строя всю сеть.

Отказ сетевого оборудования любого *абонента* в шине может вывести из строя всю сеть. К тому же такой отказ довольно трудно локализовать, поскольку все *абоненты* включены параллельно, и понять, какой из них вышел из строя, невозможно.

При прохождении по *линии связи* сети с *топологией* шина информационные сигналы ослабляются и никак не восстанавливаются, что накладывает жесткие ограничения на суммарную длину *линий связи*. Причем каждый *абонент* может получать из сети сигналы разного уровня в зависимости от расстояния до передающего *абонента*. Это предъявляет дополнительные требования к приемным узлам сетевого оборудования.

Если принять, что сигнал в кабеле сети ослабляется до предельно допустимого уровня на длине  $L_{пр}$ , то полная длина шины не может превышать величины  $L_{пр}$ . В этом смысле шина обеспечивает наименьшую длину по сравнению с другими базовыми *топологиями*.

Для увеличения длины сети с *топологией* шина часто используют несколько **сегментов** (частей сети, каждый из которых представляет собой шину), соединенных между собой с помощью специальных усилителей и восстановителей сигналов — **репитеров** или **повторителей** (на рис. 68 показано соединение двух сегментов, предельная длина сети в этом случае возрастает до  $2 L_{пр}$ , так как каждый из сегментов может быть длиной  $L_{пр}$ ). Однако такое наращивание длины сети не может продолжаться бесконечно. Ограничения на длину связаны с конечной скоростью распространения сигналов по *линиям связи*.

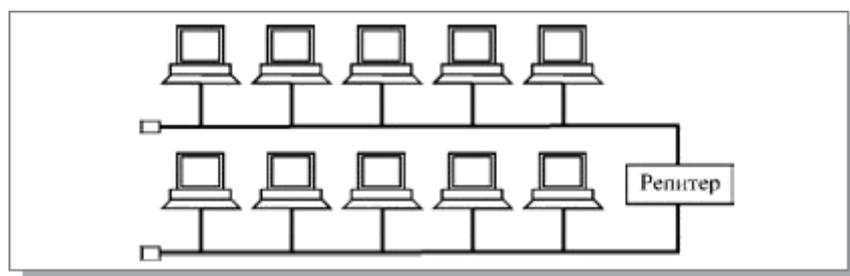


Рисунок 68. Соединение сегментов сети типа шина с помощью репитера

## Топология звезда

Звезда — это единственная *топология* сети с явно выделенным центром, к которому подключаются все остальные *абоненты*. *Обмен информацией* идет исключительно через центральный компьютер, на который ложится большая нагрузка, поэтому ничем другим, кроме сети, он, как правило, заниматься не может. Понятно, что сетевое оборудование центрального *абонента* должно быть существенно более сложным, чем оборудование периферийных *абонентов*. О равноправии всех *абонентов* (как в шине) в данном случае говорить не приходится. Обычно центральный компьютер самый мощный, именно на него возлагаются все функции по управлению обменом. Никакие конфликты в сети с *топологией* звезда в принципе невозможны, так как управление полностью централизовано.

Если говорить об *устойчивости* звезды к отказам компьютеров, то выход из строя периферийного компьютера или его сетевого оборудования никак не отражается на функционировании оставшейся части сети, зато любой отказ центрального компьютера делает сеть полностью неработоспособной. В связи с этим должны приниматься специальные меры по повышению надежности центрального компьютера и его сетевой аппаратуры.

Обрыв кабеля или короткое замыкание в нем при *топологии* звезда нарушает *обмен* только с одним компьютером, а все остальные компьютеры могут нормально продолжать работу.

В отличие от шины, в звезде на каждой *линии связи* находятся только два *абонента*: центральный и один из периферийных. Чаще всего для их соединения используется две *линии связи*, каждая из которых передает информацию в одном направлении, то есть на каждой *линии связи* имеется только один приемник и один передатчик. Это так называемая передача **точка-точка**. Все это существенно упрощает сетевое оборудование по сравнению с шиной и избавляет от необходимости применения дополнительных, внешних терминаторов.

Проблема затухания сигналов в *линии связи* также решается в звезде проще, чем в случае шины, ведь каждый приемник всегда получает сигнал одного уровня. Предельная длина сети с *топологией* звезда может быть вдвое больше, чем в шине (то есть  $2 L_{пр}$ ), так как каждый из кабелей, соединяющий центр с периферийным *абонентом*, может иметь длину  $L_{пр}$ .

Серьезный недостаток *топологии* звезда состоит в жестком ограничении количества *абонентов*. Обычно центральный *абонент* может обслуживать не более 8—16 периферийных *абонентов*. В этих пределах подключение новых *абонентов* довольно просто, но за ними оно просто невозможно. В звезде допустимо подключение вместо периферийного еще одного центрального *абонента* (в результате получается *топология* из нескольких соединенных между собой звезд).

Звезда, показанная на рис. 64, носит название активной или истинной звезды. Существует также *топология*, называемая пассивной звездой, которая только внешне похожа на звезду (рис. 69). В настоящее время она распространена гораздо более широко, чем активная звезда. Достаточно сказать, что она используется в наиболее популярной сегодня сети Ethernet.

В центре сети с данной *топологией* помещается не компьютер, а специальное устройство — концентратор или, как его еще называют, хаб (hub),

которое выполняет ту же функцию, что и репитер, то есть восстанавливает входящие сигналы и пересылает их во все другие *линии связи*.

Звезда — это единственная *топология* сети с явно выделенным центром, к которому подключаются все остальные *абоненты*. *Обмен информацией* идет исключительно через центральный компьютер, на который ложится большая нагрузка, поэтому ничем другим, кроме сети, он, как правило, заниматься не может. Понятно, что сетевое оборудование центрального *абонента* должно быть существенно более сложным, чем оборудование периферийных *абонентов*. О равноправии всех *абонентов* (как в шине) в данном случае говорить не приходится. Обычно центральный компьютер самый мощный, именно на него возлагаются все функции по управлению обменом. Никакие конфликты в сети с *топологией* звезда в принципе невозможны, так как управление полностью централизовано.

Если говорить об *устойчивости* звезды к отказам компьютеров, то выход из строя периферийного компьютера или его сетевого оборудования никак не отражается на функционировании оставшейся части сети, зато любой отказ центрального компьютера делает сеть полностью неработоспособной. В связи с этим должны приниматься специальные меры по повышению надежности центрального компьютера и его сетевой аппаратуры.

Обрыв кабеля или короткое замыкание в нем при *топологии* звезда нарушает *обмен* только с одним компьютером, а все остальные компьютеры могут нормально продолжать работу.

Проблема затухания сигналов в *линии связи* также решается в звезде проще, чем в случае шины, ведь каждый приемник всегда получает сигнал одного уровня. Предельная длина сети с *топологией* звезда может быть вдвое больше, чем в шине (то есть  $2 L_{пр}$ ), так как каждый из кабелей, соединяющий центр с периферийным *абонентом*, может иметь длину  $L_{пр}$ .

Серьезный недостаток *топологии* звезда состоит в жестком ограничении количества *абонентов*. Обычно центральный *абонент* может обслуживать не более 8—16 периферийных *абонентов*. В этих пределах подключение новых *абонентов* довольно просто, но за ними оно просто невозможно. В звезде допустимо подключение вместо периферийного еще одного центрального *абонента* (в результате получается *топология* из нескольких соединенных между собой звезд). Звезда, показанная на рис. 64, носит название активной или истинной звезды. Существует также *топология*, называемая пассивной звездой, которая только внешне похожа на звезду (рис.69). В настоящее время она распространена гораздо более широко, чем активная звезда. Достаточно сказать, что она используется в наиболее популярной сегодня сети Ethernet.

В центре сети с данной *топологией* помещается не компьютер, а специальное устройство — концентратор или, как его еще называют, хаб (hub), которое выполняет ту же функцию, что и репитер, то есть восстанавливает входящие сигналы и пересылает их во все другие *линии связи*.

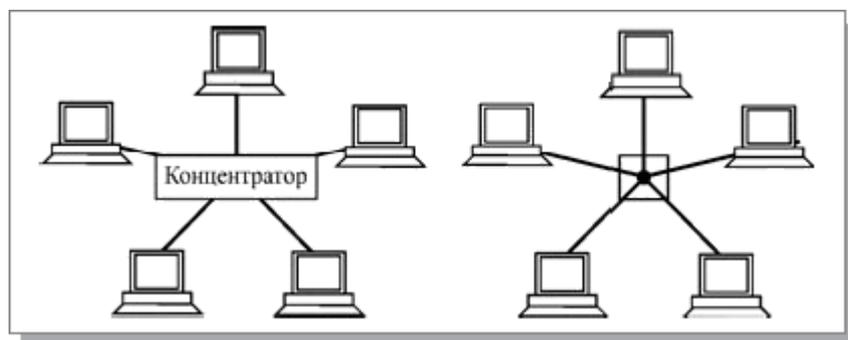


Рисунок 69. Топология пассивная звезда и ее эквивалентная схема

Получается, что хотя схема прокладки кабелей подобна истинной или активной звезде, фактически речь идет о шинной *топологии*, так как информация от каждого компьютера одновременно передается ко всем остальным компьютерам, а никакого центрального *абонента* не существует. Безусловно, пассивная звезда дороже обычной шины, так как в этом случае требуется еще и концентратор. Однако она предоставляет целый ряд дополнительных возможностей, связанных с преимуществами звезды, в частности, упрощает обслуживание и ремонт сети. Именно поэтому в последнее время пассивная звезда все больше вытесняет истинную шину, которая считается малоперспективной *топологией*.

Можно выделить также промежуточный тип *топологии* между активной и пассивной звездой. В этом случае концентратор не только ретранслирует поступающие на него сигналы, но и производит управление *обменом*, однако сам в *обмене* не участвует (так сделано в сети 100VG-AnyLAN).

Большое достоинство звезды (как активной, так и пассивной) состоит в том, что все точки подключения собраны в одном месте. Это позволяет легко контролировать работу сети, локализовать неисправности путем простого отключения от центра тех или иных *абонентов* (что невозможно, например, в случае шинной *топологии*), а также ограничивать доступ посторонних лиц к жизненно важным для сети точкам подключения. К периферийному *абоненту* в случае звезды может подходить как один кабель (по которому идет передача в обоих направлениях), так и два (каждый кабель передает в одном из двух встречных направлений), причем последнее встречается гораздо чаще.

Общим недостатком для всех *топологий* типа звезда (как активной, так и пассивной) является значительно больший, чем при других *топологиях*, расход кабеля. Например, если компьютеры расположены в одну линию (как на рис. 63), то при выборе *топологии* звезда понадобится в несколько раз больше кабеля, чем при *топологии* шина. Это существенно влияет на стоимость сети в целом и заметно усложняет прокладку кабеля.

### Топология кольцо

Кольцо — это *топология*, в которой каждый компьютер соединен *линиями связи* с двумя другими: от одного он получает информацию, а другому передает. На каждой *линии связи*, как и в случае звезды, работает только один передатчик и один приемник (связь типа точка-точка). Это позволяет отказаться от применения внешних терминаторов.

Важная особенность кольца состоит в том, что каждый компьютер ретранслирует (восстанавливает, усиливает) проходящий к нему сигнал, то есть выступает в роли репитера. Затухание сигнала во всем кольце не имеет никакого

значения, важно только затухание между соседними компьютерами кольца. Если предельная длина кабеля, ограниченная затуханием, составляет  $L_{пр}$ , то суммарная длина кольца может достигать  $N L_{пр}$ , где  $N$  — количество компьютеров в кольце. Полный размер сети в пределе будет  $N L_{пр}/2$ , так как кольцо придется сложить вдвое. На практике размеры кольцевых сетей достигают десятков километров (например, в сети FDDI).

Кольцо в этом отношении существенно превосходит любые другие *топологии*.

Четко выделенного центра при кольцевой *топологии* нет, все компьютеры могут быть одинаковыми и равноправными. Однако довольно часто в кольце выделяется специальный *абонент*, который управляет *обменом* или контролирует его. Понятно, что наличие такого единственного управляющего *абонента* снижает надежность сети, так как выход его из строя сразу же парализует весь *обмен*. Строго говоря, компьютеры в кольце не являются полностью равноправными (в отличие, например, от шинной *топологии*). Ведь один из них обязательно получает информацию от компьютера, ведущего передачу в данный момент, раньше, а другие — позже. Именно на этой особенности *топологии* и строятся методы управления *обменом* по сети, специально рассчитанные на кольцо. В таких методах право на следующую передачу (или, как еще говорят, на захват сети) переходит последовательно к следующему по кругу компьютеру. Подключение новых *абонентов* в кольцо выполняется достаточно просто, хотя и требует обязательной остановки работы всей сети на время подключения. Как и в случае шины, максимальное количество *абонентов* в кольце может быть довольно велико (до тысячи и больше). Кольцевая *топология* обычно обладает высокой устойчивостью к перегрузкам, обеспечивает уверенную работу с большими потоками передаваемой по сети информации, так как в ней, как правило, нет конфликтов (в отличие от шины), а также отсутствует центральный *абонент* (в отличие от звезды), который может быть перегружен большими потоками информации.

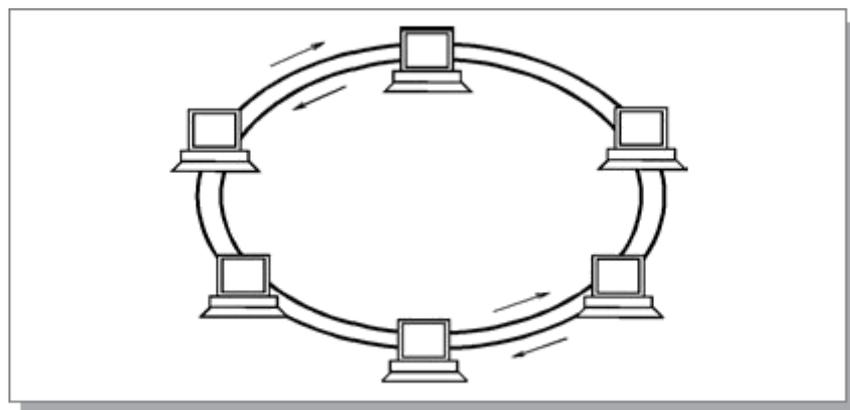


Рисунок 70. Сеть с двумя кольцами

Сигнал в кольце проходит последовательно через все компьютеры сети, поэтому выход из строя хотя бы одного из них (или же его сетевого оборудования) нарушает работу сети в целом. Это существенный недостаток кольца.

Точно так же обрыв или короткое замыкание в любом из кабелей кольца делает работу всей сети невозможной. Из трех рассмотренных *топологий* кольцо наиболее уязвимо к повреждениям кабеля, поэтому в случае *топологии* кольца обычно предусматривают прокладку двух (или более) параллельных *линий связи*, одна из которых находится в резерве. Иногда сеть с *топологией* кольца

выполняется на основе двух параллельных кольцевых *линий связи*, передающих информацию в противоположных направлениях (рис.70). Цель подобного решения — увеличение (в идеале — вдвое) скорости передачи информации по сети. К тому же при повреждении одного из кабелей сеть может работать с другим кабелем (правда, предельная скорость уменьшится). Кроме трех рассмотренных базовых *топологий* нередко применяется также сетевая *топология* дерево (tree), которую можно рассматривать как комбинацию нескольких звезд. Причем, как и в случае звезды, дерево может быть активным или истинным (рис.71) и пассивным (рис.72). При активном дереве в центрах объединения нескольких *линий связи* находятся центральные компьютеры, а при пассивном — концентраторы (хабы).

## Смешанные топологии

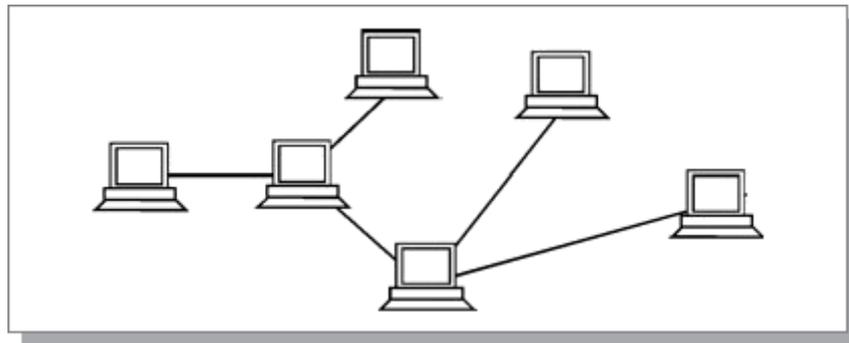


Рисунок 71. Топология активное дерево

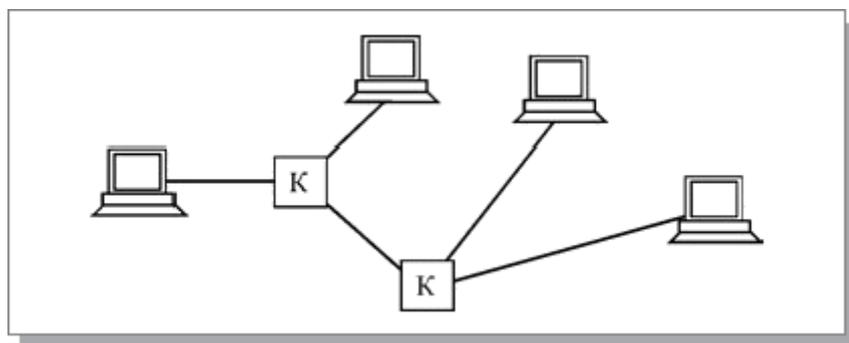


Рисунок 72. Топология пассивное дерево. К — концентраторы

Довольно часто применяются комбинированные *топологии*, среди которых наиболее распространены звездно-шинная (рис.73) и звездно-кольцевая (рис.74).

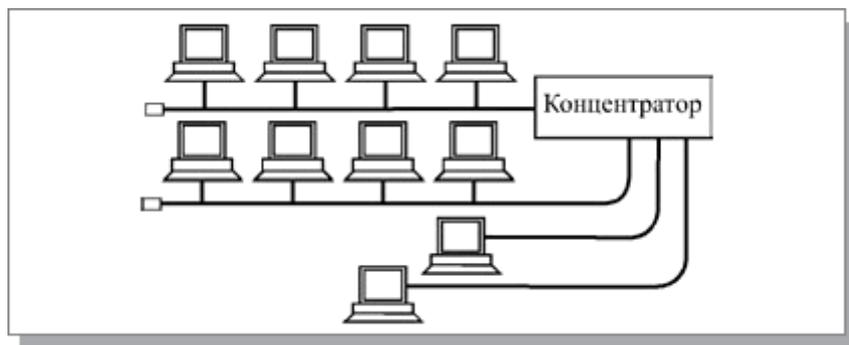


Рисунок 73. Пример звездно-шинной топологии

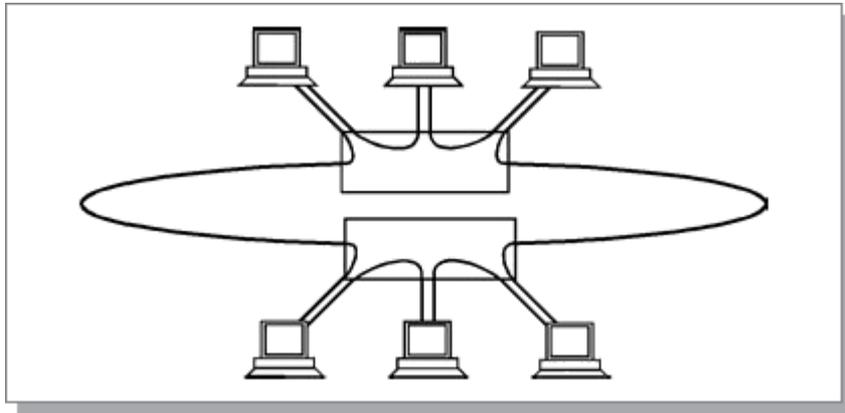


Рисунок 74. Пример звездно-кольцевой топологии

В звездно-шинной (star-bus) топологии используется комбинация шины и пассивной звезды. К концентратору подключаются как отдельные компьютеры, так и целые шинные сегменты. На самом деле реализуется физическая топология шина, включающая все компьютеры сети. В данной топологии может использоваться и несколько концентраторов, соединенных между собой и образующих так называемую магистральную, опорную шину. К каждому из концентраторов при этом подключаются отдельные компьютеры или шинные сегменты. В результате получается звездно-шинное дерево. Таким образом, пользователь может гибко комбинировать преимущества шинной и звездной топологий, а также легко изменять количество компьютеров, подключенных к сети. С точки зрения распространения информации данная топология равноценна классической шине.

В случае звездно-кольцевой (star-ring) топологии в кольцо объединяются не сами компьютеры, а специальные концентраторы (изображенные на рис. 74 в виде прямоугольников), к которым в свою очередь подключаются компьютеры с помощью звездообразных двойных линий связи. В действительности все компьютеры сети включаются в замкнутое кольцо, так как внутри концентраторов линии связи образуют замкнутый контур (как показано на рис.74). Данная топология дает возможность комбинировать преимущества звездной и кольцевой топологий. Например, концентраторы позволяют собрать в одно место все точки подключения кабелей сети. Если говорить о распространении информации, данная топология равноценна классическому кольцу.

В заключение надо также сказать о сеточной топологии (mesh), при которой компьютеры связываются между собой не одной, а многими линиями связи, образующими сетку (рис. 75).

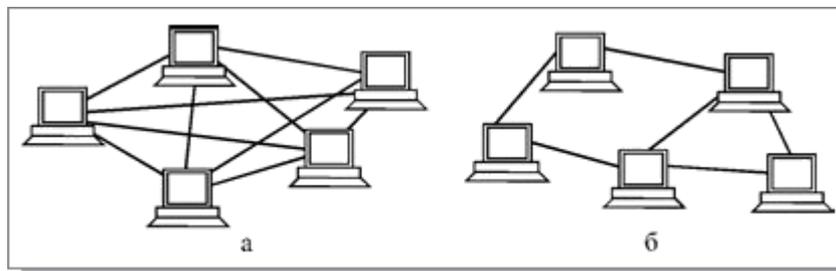


Рисунок 75. Сеточная топология: полная (а) и частичная (б)

В полной сеточной топологии каждый компьютер напрямую связан со всеми остальными компьютерами. В этом случае при увеличении числа

компьютеров резко возрастает количество *линий связи*. Кроме того, любое изменение в конфигурации сети требует внесения изменений в сетевую аппаратуру всех компьютеров, поэтому полная сеточная *топология* не получила широкого распространения.

Частичная сеточная *топология* предполагает прямые связи только для самых активных компьютеров, передающих максимальные объемы информации. Остальные компьютеры соединяются через промежуточные узлы. Сеточная *топология* позволяет выбирать маршрут для доставки информации от *абонента* к *абоненту*, обходя неисправные участки. С одной стороны, это увеличивает надежность сети, с другой же – требует существенного усложнения сетевой аппаратуры, которая должна выбирать маршрут.

Многозначность понятия топологии

*Топология* сети указывает не только на физическое расположение компьютеров, как часто считают, но, что гораздо важнее, на характер связей между ними, особенности распространения информации, сигналов по сети. Именно характер связей определяет степень *отказоустойчивости* сети, требуемую сложность сетевой аппаратуры, наиболее подходящий метод управления *обменом*, возможные типы сред передачи (каналов связи), допустимый размер сети (длина *линий связи* и количество *абонентов*) необходимость электрического согласования и многое другое.

Более того, физическое расположение компьютеров, соединяемых сетью, почти не влияет на выбор *топологии*. Как бы ни были расположены компьютеры, их можно соединить с помощью любой заранее выбранной *топологии* (рис.76).

В том случае, если соединяемые компьютеры расположены по контуру круга, они могут соединяться, как звезда или шина. Когда компьютеры расположены вокруг некоего центра, их допустимо соединить с помощью *топологии* шина или кольцо.

Наконец когда компьютеры расположены в одну линию, они могут соединяться звездой или кольцом. Другое дело, какова будет требуемая длина кабеля.

Строго говоря, в литературе при упоминании о *топологии* сети, авторы могут подразумевать четыре совершенно разные понятия, относящиеся к различным уровням сетевой архитектуры:

- Физическая *топология* (географическая схема расположения компьютеров и прокладки кабелей). В этом смысле, например, пассивная звезда ничем не отличается от активной, поэтому ее нередко называют просто звездой.
- Логическая *топология* (структура связей, характер распространения сигналов по сети). Это наиболее правильное определение *топологии*.
- *Топология* управления *обменом* (принцип и последовательность передачи права на захват сети между отдельными компьютерами).
- Информационная *топология* (направление потоков информации, передаваемой по сети).

Например, сеть с физической и логической *топологией* шина может в качестве метода управления использовать эстафетную передачу права захвата сети (быть в этом смысле кольцом) и одновременно передавать всю информацию через выделенный компьютер (быть в этом смысле звездой). Или сеть с логической *топологией* шина может иметь физическую *топологию* звезда (пассивная) или дерево (пассивное).

Сеть с любой физической *топологией*, логической *топологией*, *топологией* управления *обменом* может считаться звездой в смысле информационной *топологии*, если она построена на основе одного сервера и

нескольких *клиентов*, общающихся только с этим *сервером*. В данном случае справедливы все рассуждения о низкой *отказоустойчивости* сети к неполадкам центра (*сервера*). Точно так же любая сеть может быть названа шиной в информационном смысле, если она построена из компьютеров, являющихся одновременно как *серверами*, так и *клиентами*. Такая сеть будет мало чувствительна к отказам отдельных компьютеров.

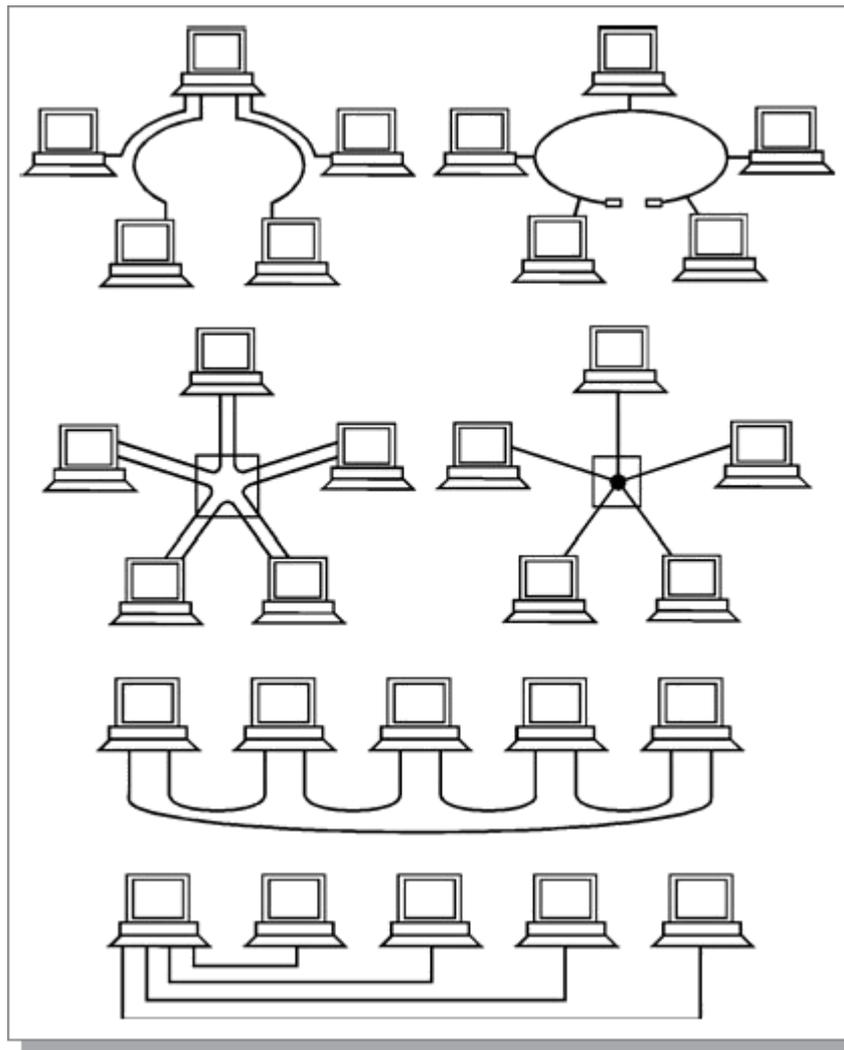


Рисунок 76. Примеры использования разных топологий

Заканчивая обзор особенностей *топологий локальных сетей*, необходимо отметить, что *топология* все-таки не является основным фактором при выборе типа сети. Гораздо важнее, например, уровень стандартизации сети, скорость обмена, количество абонентов, стоимость оборудования, выбранное программное обеспечение. Но, с другой стороны, некоторые сети позволяют использовать разные *топологии* на разных уровнях. Этот выбор уже целиком ложится на пользователя, который должен учитывать все перечисленные в данном разделе соображения.

### Контрольные вопросы:

1. Что означает понятие mainframe?
2. Назовите топологии локальных сетей.
3. Какие преимущества имеет топология звезда в сравнении с топологиями шина или кольцо?
4. Что общего у топологий общая шина и кольцо?

## ГЛАВА 15. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Рассмотрим правила подключения к питающей сети с точки зрения безопасности человека и компьютера.

Практически каждый блок питания компьютера или периферийного устройства имеет сетевой фильтр (рис. 77). Конденсаторы этого фильтра предназначены для шунтирования высокочастотных помех питающей сети на землю через провод защитного заземления и соответствующую трехполюсную вилку и розетку. «Земляной» провод соединяют с контуром заземления, но допустимо его соединять и с «нулем» силовой сети (разница ощущается только в особо тяжелых условиях эксплуатации). При занулении необходимо быть уверенным в том, что «ноль» не станет фазой, если кто-нибудь вдруг перевернет вилку питания. Если же «земляной» провод устройства никуда не подключать, на корпусе устройства появится напряжение порядка 110 В переменного тока (рис. 78): конденсаторы фильтра работают как емкостной делитель напряжения, и поскольку их емкость одинакова, 220 В делится пополам.

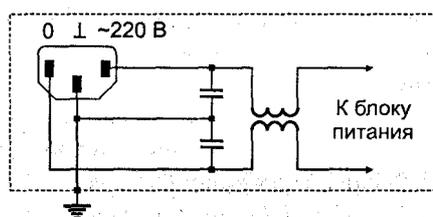


Рисунок 77. Входные цепи блока питания

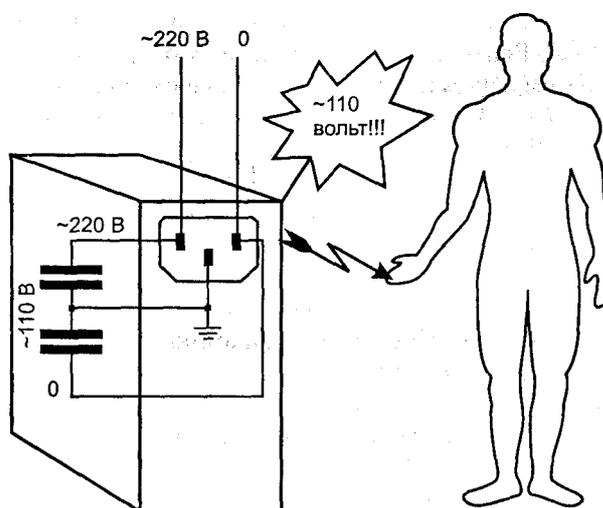


Рисунок 78. Образование потенциала на корпусе компьютера

Конечно, мощность этого «источника» ограничена — ток короткого замыкания 1кз на землю составляет доли миллиампер, причем чем мощнее блок питания, тем больше емкость конденсаторов фильтра. При емкости конденсатора  $C = 0,01$  мкФ этот ток будет около 0,7 мА. Заметим, что здесь мы учитываем лишь частоту питающей сети. Для высокочастотных (импульсных) помех, приходящих как по сети, так и от входного преобразователя блока питания, те же конденсаторы представляют собой во много раз меньшее сопротивление, и ток короткого замыкания может возрастать во много раз.

Такие напряжение и ток опасны для человека. Попасть под напряжение можно, прикоснувшись одновременно к неокрашенным металлическим частям корпуса компьютера и, например, к батарее отопления. Это напряжение является одним из источников разности потенциалов между устройствами, от которой строятся интерфейсные схемы.

Посмотрим, что происходит при соединении двух устройств (компьютера и принтера) интерфейсным кабелем. Общий провод интерфейсов последовательных и параллельных портов связан со «схемной землей» и корпусом устройства. Если соединяемые устройства надежно заземлены (занулены) через отдельный провод на общий контур, проблемы разности потенциалов не возникает. Если же в качестве заземляющего провода использовать нулевой провод питания при разводке питающей сети с трехполюсными розетками двухпроводным кабелем, на нем будет набегать разность потенциалов, вызванная падением напряжения от протекающего силового тока. Если в эти же розетки включать устройства с большим энергопотреблением, разность потенциалов (и импульсные помехи при включении-выключении) будет ощутимой. Поскольку обычно сопротивление интерфейсного кабеля больше питающего, через общий провод интерфейса потечет ток, существенно меньший, чем силовой. Но при нарушении контакта в нулевом проводе питания через интерфейсный провод может протекать и весь ток, потребляемый устройством. Он может достигать нескольких ампер, что влечет выход устройств из строя. Не выровненные потенциалы корпусов устройств являются также источником помех в интерфейсах.

Если оба соединяемых устройства не заземлены, в случае их питания от одной фазы сети разность потенциалов между ними будет небольшой (вызванной разбросом емкостей конденсаторов в разных фильтрах). Если незаземленные устройства подключены к разным фазам, разность потенциалов между их несоединенными корпусами будет порядка 190 В, при этом уравнивающий ток через интерфейс может достигать десятка миллиампер. Когда все соединения/разъединения выполняются при отключенном питании, для интерфейсных схем такая ситуация почти безопасна. Но при коммутациях при включенном питании возможны неприятности: если контакты общего провода интерфейса соединяются позже (разъединяются раньше) сигнальных, разность потенциалов между схемными землями прикладывается к сигнальным цепям и они выгорают. Самый тяжелый случай — соединение заземленного устройства с незаземленным, особенно когда у последнего мощный блок питания.

Для устройств, блоки питания которых имеют шнуры с двухполюсной вилкой, эти проблемы тоже актуальны. Такие блоки питания зачастую имеют сетевой фильтр, но с конденсаторами малой емкости (ток короткого замыкания достаточно мал).

Весьма опасны сетевые шнуры компьютеров с двухполюсной вилкой, которыми подключаются блоки питания с трехполюсным разъемом. Пользователи, подключающие свои компьютеры в бытовые розетки, могут столкнуться с проблемами из-за отсутствия заземления.

Локально проблемы заземления решает применение сетевых фильтров типа «Pilot» и им подобных. Питание от одного фильтра всех устройств, соединяемых интерфейсами, решает проблему разности потенциалов. Еще лучше, когда этот фильтр включен в трехполюсную розетку с заземлением (занулением). Однако заземляющие контакты (обжимающие «усики») многих розеток могут иметь плохой контакт вследствие своей слабой упругости или заусениц в пластмассовом кожухе. Кроме того, эти контакты не любят частых вынимания и вставки вилок, так что обесточивание оборудования по окончании работы лучше выполнять выключателем питания фильтра (предварительно выключив устройства).

### **ВНИМАНИЕ**

---

Настоятельно рекомендуется отключать питание при подключении и отключении интерфейсных кабелей. Небольшая разность потенциалов, которая практически исчезнет при соединении устройств общими проводами интерфейсов, может пробить входные (и выходные) цепи сигнальных линий, если в момент присоединения разъема контакты общего провода соединятся позже сигнальных. От такой последовательности обычные разъемы не страхуют.

---

К помехам, вызванным разностью потенциалов схемных земель (корпусов) устройств, наиболее чувствительны параллельные порты. У последовательных портов зона нечувствительности шире (пороги  $\pm 3$  В), еще меньшую чувствительность имеют интерфейсы локальных сетей, где обычно присутствует гальваническая развязка сигнальных цепей от схемной земли с допустимым напряжением изоляции порядка 100 В.

Правила заземления в документации по импортной аппаратуре приводятся не всегда, поскольку подразумевается, что трехполюсная вилка всегда должна включаться в соответствующую розетку с заземлением, а не в двухполюсную с рассверленными отверстиями. В нашей стране распространены трехполюсные так называемые «евророзетки». Для заземления, как правило, используются контакты-усики, а не центральный заземляющий штырь.

Проблемы разводки электропитания и заземления стоят особенно остро в локальных сетях, поскольку здесь, как правило, имеется большое количество устройств (компьютеров и коммуникационного оборудования), соединенных между собой интерфейсными кабелями и значительно разнесенных в пространстве (локальная сеть может охватывать и многоэтажное здание).

## ГЛОССАРИЙ

AGP	Accelerated Graphic Port, ускоренный графический порт
Access	доступ
Access time	время доступа
AIMM	AGP Inline Memory Module, модуль для расширения локальной памяти интегрированного графического адаптера на AGP
ALU	Arithmetic Logic Unit – Арифметико – Логическое Устройство
AMR	1. Audio Modem Riser, слот подключения аудиокодека и модема 2. Anisotropic MagnetoResistance, анизотропная магниторезистивность
APIC	Advanced Programmable Interruption Controller, расширенный программируемый контроллер прерываний
APM	Advanced Power Management, «продвинутые» средства управления энергопотреблением
ARLL	Advanced RLL, «продвинутая» схема RLL
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, американский стандартный код обмена информацией
ASKIR	Amplitude Shifted Keyed IR, инфракрасный интерфейс разработки Sharp
ASPI	Advanced SCSI Programming Interface, «продвинутый» программный интерфейс SCSI
AT	Advanced Technology, прогрессивная, или «продвинутая», технология (класс, к которому относятся IBM PC на процессорах 80286 и выше)
ATA	AT Attachment for Disk Drives, подключение дисковых устройств к AT
ATAPI	ATA Package Interface, пакетный интерфейс ATA
ATX	Стандарт на конструктивное исполнение корпусов, блоков питания и системных плат PC
AV	Audio Visual Data, данные аудио- и видеопотоков
AWE	Advanced Wave Effects, «продвинутые» волновые эффекты
BBS	BIOS Boot Specification, спецификация BIOS для начальной загрузки
BCD	Binary Coded Decimal, двоично-десятичный код
BDA	BIOS Data Area, область данных BIOS в ОЗУ
BEDO	Burst EDO, пакетная EDO (память)
BIOS	Basic Input-Output System, базовая система ввода-вывода
BIOS INT	Прерывание, обслуживаемое BIOS
BIST	Built In Self Test, встроенное самотестирование
BitBIT	Bit Block Transferring, пересылка области видеопамати, отображающей прямоугольный блок пикселей
BNC	Baionet N-Connector, байонетный соединитель для коаксиального кабеля
BSC	Binary Synchronous Communications, двоичная синхронная передача данных
BSP	Bootstrap Processor, процессор, выполняющий начальную загрузку
Bus	шина
Address Bus	шина адреса
Data Bus	шина данных
Control Bus	шина управления
Power Bus	шина питания
Cache	Кэш. Область памяти, управляемая кэш-контроллером
CAS#	Column Access Strobe строб столбца
CATV	Cable TV, кабельное телевидение
CD	Compact Disk, компакт-диск
CD-E	CD Erasable, стираемый компакт-диск
CD-R	CD Recordable, записываемый компакт-диск
CDRAM	Cached DRAM, динамическая память со встроенным кэшем
CD-ROM	CD Read Only Memory, незаписываемый компакт-диск
CD-RW	CD Rewritable, перезаписываемый компакт-диск
CD-WO	CD Write Once, компакт-диск однократной записи
CD-WORM	CD Write Once, Read Many, компакт-диск однократной записи, многократного чтения
CFA	Compact Flash Association, ассоциация производителей компактных флэш-карт

CGA	Color Graphic Adapter, цветной графический адаптер
CHS	Cylinder-Head-Sector, цилиндр-головка-сектор
CIS	Card Information Structure, информационная структура карты
CISC	Complex Instruction Set Computer, компьютер с полным набором команд (например, на CPU 80x86)
CMOS RTC	CMOS Memory and Real Time Clock, память и часы
CNR	Communication Network Riser, слот подключения коммуникационных и сетевых расширений
COAST	Cache On A Stick, модуль кэш-памяти
COM	COMmunications port, коммуникационный порт
CPCI	Compact PCI, компактная шина PC I
CPU	Central Processor Unit, центральный процессор
CR	Carriage Return, возврат каретки
CRC	Cyclic Redundancy Check, контроль с использованием циклического избыточного кода
CRT	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cathode Ray Tube — катодно-лучевая трубка;</li> <li>2. Cathode Ray Terminal, терминал на катодно-лучевой трубке</li> </ol>
DAC	Digital-to-Analog Converter, цифроаналоговый преобразователь (ЦАП)
DC	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digital Control, цифровое управление (монитором).</li> <li>2. Direct Current, постоянный ток</li> </ol>
DCE	Data Communications Equipment, аппаратура передачи данных, АПД (например, модем)
DD	Double-Density, двойная плотность (стандартные дискеты 360 Кбайт)
DDC	Display Data Channel, интерфейс обмена данными с монитором (для PnP-мониторов)
DDR	Dual Data Rate, удвоенная скорость данных
DIB	Dual Independent Bus, двойная независимая шина
DIMM	Dual-In-line-Memory Module, модуль памяти с двусторонним разъемом
DIN connector	Deutsch Industrie Norm connector, малогабаритный круглый многоконтактный разъем
DIP	Dual In-line Package, корпус ИС с двухрядным расположением штырьковых выводов
DIP switch	Dual Inline Package switch, малогабаритный переключатель на печатной плате
DMA	Direct Memory Access, прямой доступ к памяти
DMI .	Desktop Management Interface, интерфейс управления настольными компьютерами
DMTF	Desktop Management Task Force, рабочая группа для решения задач управления настольными компьютерами
DOS	Disk Operation System, дисковая операционная система (ДОС)
DPCM	Differential Pulse-Code Modulation, дельта-ИКМ, ДИКМ
dpi	Dots Per Inch, количество точек на дюйм - мера разрешающей способности мониторов, принтеров и сканеров
DPMS	Display Power-Management System (Signal), система (сигнал) управления энергопотреблением монитора .
DRAM	Dynamic Random-Access Memory, динамическая память
DSP	Data Signal Processor, процессор обработки сигналов
DTE	Data Terminal Equipment, оконечная аппаратура (COM-порт, принтер, плоттер), см. DCE
EBDA	Extended BIOS Data Area, расширенная область BDA
EBU	European Broadcast Union, европейский союз вещания
ECHS	Extended CHS, расширенная адресация CHS (Large Disk)
ECMA	European Computer Manufacturers Association, ассоциация европейских производителей компьютеров
ESP	Extended Capability Port, расширенный LPT-порт для подключения принтеров и сканеров (с возможностью применения RLE-компрессии, DMA и FIFO-буферов), входит в IEEE1284
ECU	EISA Configuration Utility, утилита конфигурирования устройств шины EISA
EDD	Enhanced Disk Drive, расширенное дисковое устройство (спецификация интерфейса)
EDO	Extended Data Out, растянутый вывод данных (памяти)

EDO DRAM	Extended (Enhanced) Data Out DRAM, динамическая память с фиксацией данных в выходном регистре
EDRAM	Enhanced DRAM, усовершенствованная динамическая память
EEPROM	Electrical Erasable Programmable Read-Only Memory, электрически стираемая постоянная память
EGA	Enhanced Graphics Adapter, расширенный графический адаптер
E-IDE	Enhanced IDE, расширенный интерфейс IDE
ED	Extra-High Density, сверхвысокая плотность 3.5" дискет (2,88 Мбайт)
EISA	Extended ISA, расширенная шина ISA
EMS	Expanded Memory Specification, спецификация отображаемой памяти
EOI	End Of Interruption, завершение прерывания
EOS	ECC-on-Simm, модуль памяти со встроенной коррекцией ошибок
EPP	Enhanced Parallel Port, расширенный LPT-порт для подключения внешней памяти и коммуникационных адаптеров (с аппаратной генерацией управляющих сигналов интерфейса), входит в IEEE1284
EPR	Extended Partition Record, расширенная таблица разделов
EPROM	Erasable Programmable Read-Only Memory, стираемая (ультрафиолетовым облучением) перезаписываемая память
ESCD	Extended System Configuration Data, расширенные данные системной конфигурации
ESDI	Enhanced Small Device Interface, расширенный интерфейс малых устройств (устаревший интерфейс дисков)
EVC	Enhanced Video Connector, расширенный интерфейс подключения монитора, включающий и дополнительные шины
FAT	File Allocation Table, таблица размещения файлов
FCAL	Fibre Channel Arbitrated Loop, кольцо волоконного канала с арбитражем
FCC	Federal Communications Commission, федеральная комиссия по коммуникациям. Сертификат FCC Class B означает малую степень электромагнитного излучения в области радиочастот, допустимую для домашнего использования устройства
FDC	Floppy Drive Controller, контроллер накопителей на гибких дисках
FDD	Floppy (Flexible) Disk Drive, накопитель на гибком магнитном диске (НГМД)
FIFO	First In — First Out, первым вошел — первым вышел
FLOPS	FLoating point Operations Per Second, количество операций с плавающей точкой, выполняемых за секунду
FM	Frequency Modulation, частотная модуляция
FM Music Synthesizer	Звуковой синтезатор с частотной модуляцией
FMD	Fluorescent Multiplayer Disk, флуоресцентный многослойный диск
FPMDRAM	Fast Page Mode DRAM, динамическая память с быстрым последовательным доступом в пределах страницы («стандартная» DRAM)
FPU	Floating Point Unit, блок обработки чисел с плавающей точкой
FRAM	Ferroelectric RAM, ферроэлектрическая память
FRC	Functional Redundancy Checking, избыточный контроль функциональности
GFLOPS	Giga Floating Operations Per Second -миллиард операций в секунду над числами с плавающей запятой (точкой)
GND	Ground, земля, общий провод питания
H	High, старший (байт), высокий (уровень сигнала)
HCD	Host Controller Driver, драйвер хост-контроллера
HCDI	Host Controller Driver Interface, интерфейс драйвера хост-контроллера
HCSS	High Capacity Storage System, накопитель большой емкости
HAD	Head Disk Assembly, сборка головок и дисков (и их приводов) в НЖМД
HDPT	Hard Disk Parameter Table, таблица параметров жестких дисков
HDSL	High Data-Rate Digital Subscriber Line, цифровая абонентская линия с высокой скоростью передачи
HDTV	High Definition TV, телевидение высокой четкости
HMA	High Memory Area, высокая память

HP-SIR	Hewlett Packard Slow Infra Red, инфракрасный интерфейс с низкой скоростью фирмы HP .
HPM	Hyper Page mode, гиперстраничный режим обращения к памяти (EDO)
HSF	High Sierra Format, файловая система для компакт-дисков
IC	Integrated Circuit, интегральная схема (ИС), чип
ICU	ISA Configuration Utility, утилита конфигурирования традиционных (Legacy) устройств шины ISA для PnP
IDC	Insulation-Displacement Connector, разъем, смещающий изоляцию
IDE	Integrated Drive Electronics, устройство со встроенным контроллером
IDT	1. Interrupt Descriptor Table, таблица дескрипторов прерываний 2. Integrated Device Technology, технология интегрированных устройств
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers, Институт инженеров по электротехнике и электронике, устанавливающий многие стандарты
IEEE 1284	Спецификация режимов LPT-порта (SPP, ECP, EPP и др.)
IEEE 1394	Спецификация последовательной шины (FireWire)
INT	Interrupt, прерывание (вектор прерывания)
IO	Input/Output, ввод-вывод
IP	Internet Protocol, протокол межсетевой передачи
IR-CON	Infra-Red Connector, разъем инфракрасной связи
IrDA	Infrared Data Association, ассоциация разработчиков систем инфракрасной передачи данных
IrDA FIR	Fast Infra Red, протокол IrDA для быстрой передачи
IrDA MIR	Middle Infra Red, протокол IrDA для передачи со средней скоростью
IrDA SIR	Serial Infra Red, протокол IrDA для передачи данных в форматах последовательного порта (с низкой скоростью)
IrLAP	IrDA Infrared Link Access Protocol, протокол доступа и связи IrDA
IrLMP	IrDA Infrared Link Management Protocol, протокол управления связью IrDA
IRP	I/O Request Packet, пакет запроса ввода-вывода
IRQ	Interrupt Request, запрос прерывания
ISA	Industry Standard Architecture, стандартная промышленная архитектура — шина расширения IBM PC ;
JPEG	Joint Photographic Expert Group, метод сжатия неподвижных изображений
JTAG	Последовательный интерфейс тестирования цифровых устройств (IEEE 1149.1) ,
KBC	KeyBoard Controller, контроллер клавиатуры
KOPS	Kilo Operations Per Second-для низкопроизводительных ЭВМ - тысяча неких усредненных операций над числами
KNI	Katmai New Instructions, новые инструкции процессора Pentium III (новое название — SSE)
L	Low, младший (байт), низкий (уровень сигнала))
LAN	Local Area Network, локальная сеть (ЛВС)
LBA	Logical Block Addressing, линейная адресация секторов на диске
LCD	Liquid Crystal Diode (Display), жидкокристаллический диод (дисплей), индикатор (ЖКИ)
LED	Light Emitting Diode, светодиод
LF	Line Feed, перевод строки
LIMDOW	Light Intensity Modulation Direct Over Write, непосредственная перезапись МОД с модуляцией интенсивности луча
LLF	Low Level Formatting, низкоуровневое форматирование
LPC	Low Pin Count, малое число выводов
LPT	Line PrinTer, построчный принтер
LS	Laser Servo, лазерное позиционирование головки магнитного диска
LSB	Least Significant Bit, самый младший бит
LSI	Large Scale Integration,Высокая степень интеграции микросхем (БИС, содержащая 100-5000 компонентов)
LUN	Logical Unit Number, номер логического устройства

MAMMOS	Magnetic Amplified Magneto Optical System, магнитооптическая система с магнитным усилением ;
MBR	Master Boot Record, главная загрузочная запись
MCA	MicroChannel Architecture, микроканальная архитектура
MCX	Micro-centronics, разъемы в стиле Centronics, но в миниатюрном варианте
MDA	Monochrome Display Adapter, монохромный видеоадаптер
MDRAM	Multibank DRAM, память для видеоадаптеров, состоящая из независимых 32-килобайтных банков DRAM
MESI	Modified, Exclusive, Shared, Invalid, модифицирована, исключительна, разделяема, недействительна — протокол поддержания когерентности кэш-памяти, основанный на этих состояниях строк
MFLOPS	Million Floating Point Operations Per Second, миллион операций с плавающей точкой за секунду, мера скорости FPU (мегафлопс)
MFМ	1. Modified Frequency Modulation, модифицированная частотная модуляция 2. Magnetic Field Modulation, модуляция магнитного поля
MFPC	Multiple Function PC Cards, многофункциональная карта PC Card
MIDI	Musical Instrument Digital Interface, цифровой интерфейс музыкальных инструментов
MIPS	Mega Instructions Per Second, миллион инструкций (команд процессора) в секунду, мера скорости CPU (мипс)
M-JPEG	Motion JPEG, метод сжатия движущихся изображений
MMU	Memory Management Unit, блок управления памятью
MMX	Multi Media Extensions, расширение системы команд CPU для мультимедийных приложений
MNP	Microcom Network(ing) Protocol, набор протоколов модемной связи фирмы Microcom (признан стандартом)
MOD	Magneto-Optical Drives, магнитооптические диски (МОД)
MPEG	Motion (Moving) Picture Expert Group, организация-разработчик и название стандартов на кодеки видео- и аудиосигналов
MPU	MIDI Processing Unit, устройство обработки сообщений MIDI
MRH	Magneto-Resistance Head, магниторезистивная головка
MSB	Most Significant Bit, самый старший бит
MSI	Medium Scale Integration, малая степень интеграции (ИС из 10-100 компонентов)
MSR	1. Model-Specific Registers, модельно-специфические регистры 2. Magnetic Super Resolution, магнитное суперразрешение
MTBF	Mean Time Between Failures, предполагаемое время безотказной работы аппаратуры
MTC	MIDI Time Code, кодирование отметок времени в MIDI
MTH	Memory Translator Hub, хаб-транслятор для подключения SDRAM к чипсету, ориентированному на RDRAM
MTRR	Memory Type Range Registers, регистры (процессора), описывающие свойства областей памяти
NIC NMI	Network Interface Card, сетевая интерфейсная карта (плата), сетевой адаптер Non-Maskable Interrupt, немаскируемые прерывания
NPU	Numeric Processor Unit, числовой процессор (см. FPU)
NPX	Numeric Processor extension, числовое расширение процессора (см. FPU)
NVRAM	Non-Volatile Random Access Memory, энергонезависимая память с произвольным доступом .
OCR	Optical Character Recognizer, оптическое распознавание символов
OEM	Original Equipment Manufacturer, производитель оборудования
OSD	On Screen Display, дисплей для настройки монитора, использующий его же экран
PAL	Phase Alternating Line, построчное чередование фазы, международный стандарт цветного телевидения
PAT	Page Attribute Table, таблица атрибутов страниц памяти
PB SRAM	Pipelined Burst SRAM, пакетао-конвейерная синхронная статическая память
PC	Personal Computer, персональный компьютер (ПК), подразумевается совместимость с IBM PC

PC Card	Стандарт на шину и размеры модулей расширения блокнотных PC (ранее назывался PCMCIA)
PCI	Peripheral Component Interconnect, соединение периферийных компонентов, шина расширения
PCIMG	PCI Industrial Computer Manufacturers Group, организация производителей промышленных компьютеров с шиной PCI
PCL	Printer Control Language, язык управления принтером
PCM	Pulse-Code Modulation, импульсно-кодированная модуляция, ИКМ
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association, международная ассоциация производителей карт памяти для персональных компьютеров; стандарт на адаптеры блокнотных ПК. Новое название - PC Card
PD	Phase change Disk, оптический диск со сменой фазы состояния
PDA	Personal Digital Assistant, персональный цифровой ассистент (карманный ПК)
PGA	1. Professional Graphic Adapter, профессиональный графический адаптер 2. Pin Grid Array, керамический корпус ИС с матрицей штырьковых выводов
PIC	Programmable Interruption Controller, программируемый контроллер прерываний
PIO	Programmed Input/Output, программированный ввод-вывод
PIROM	Processor Information ROM, постоянная (только для чтения) память процессорной информации
PLL	Phase Lock Loop, контур фазовой автоподстройки
PnP, P&P	Plug and Play, включай и играй
POH	Power On Hours, время наработки (число часов)
POST	PowerOn Self Test, самотестирование по включению
PXI	PCI extensions for Instrumentation, расширение PCI для инструментальных систем
QIC	quarter-inch cartridge, 1. 1/4-дюймовый картридж 2. Одноименный комитет по стандартизации 1/4-дюймовых стримеров и магнитных лент
QICDS	Quarter-Inch Cartridge Drive Standard, стандарт на 1/4-дюймовые стримеры и магнитные ленты , , : . ,
QWERTY	Клавиатура с расположением клавиш Q, W, E, R, T, Y в левом верхнем углу алфавитного поля ,
RADSL	Rate Adaptive Digital Subscriber Line, цифровая абонентская линия с адаптируемой скоростью
RAID	Redundant Array of Inexpensive Drives (Disks), массив недорогих дисковых накопителей с избыточностью (тип дисковой памяти с резервированием и дублированием данных) . ,
RAM	Random Access Memory, память с произвольным доступом, .ОЗУ
RAMDAC	RAM Digital-to-Analog Converter, микросхема видеоадаптера, содержащая ЦАПы для выходных сигналов RGB и таблицу палитры (color look-up table) в виде матрицы RAM . .
RDRAM	Rambus DRAM, динамическая память фирмы Rambus
RISC	Reduced Instruction Set Computer, компьютер на процессоре с сокращенным набором команд . ,
RLE	Run Length Encoding, метод сжатия данных (применяется в ECP)
RLL	Run Length Limited, кодирование с ограниченной длиной непрерывных участков трека (HDD)
ROM	Read Only Memory, постоянная память (только для чтения)
RPC	Region Protection Control, контроль региональной защиты (для DVD)
RPL	Remote Program Loader, устройство удаленной загрузки
RPM	Rotates per Minutes, скорость вращения диска (об/мин)
RTC	Real Time Clock, часы реального времени
S.M.A.R.T.	Self-Monitoring, Analysis and Reporting Technology, технология самонаблюдения, анализа и сообщений (в жестких дисках)

S/PDIF	Sony/Philips Digital Interface Format, цифровой аудиоинтерфейс фирм Sony и Philips
SACD	Super-Audio CD, супераудио-CD, новый формат цифровой звукозаписи
SAG	Session At Once, сессия сразу, метод записи CD
SB	Sound Blaster, звуковая карта фирмы Creative Labs
SBA	Side Band Address, внеполосная подача адреса (в AGP)
SCA	Single Connector Attachment, разъем для подключения устройства одним разъемом
SCSI	Small Computer System Interface, системный интерфейс малых компьютеров (шина подключения периферийных устройств)
SDRAM	Synchronous DRAM, синхронная динамическая память
SECC	Single Edge Contact Cartridge, картридж с краевым печатным разъемом
SEPP	Single Edge Processor Package, картридж с краевым печатным разъемом
SFF PCI	Small Form-Factor PCI, миниатюрный вариант PCI (для блокнотных ПК)
SIMD	Single Instruction — Multiple Data, одновременное исполнение инструкции над множеством комплектов операндов
SIMM	Single In-Line Memory Module, модуль памяти с односторонним печатным разъемом
SIPP	Single In-Line Pin Package, модуль памяти с однорядным штырьковым разъемом . ;
SMBus	System Management Bus, шина системного управления (последовательная)
SMI	System Management Interrupt, прерывание системного управления
SMM	System Management Mode, режим системного управления
SMP	Symmetric Multi-Processing, симметричная мультипроцессорная обработка
SODIMM	Small Outline DIMM, малогабаритный модуль DIMM
SPCI	Small PCI, малая шина PCI
SPGA	Staggered PGA, корпус ИС с шахматным расположением выводов
SPP	Standard Parallel Port, стандартный параллельный порт
SRAM	Static RAM, статическая память
SRC	Sample Rate Conversion, преобразование частот выборки
SS	Single Side, односторонние дискеты
SSE	Streaming SIMD Extensions, потоковое расширение набора SIMD-инструкций (бывшее KNI)
SSFDC	Solid State Floppy Disk Card, адаптер для обмена данными с флэш-картами, вставляемый в 3" дисковод ., . .
ST-506 (ST-412)	Интерфейс первых НЖМД, введенный фирмой Seagate Technology;
STP	Shielded Twisted Pair, экранированная витая пара
SVGA	Super-VGA, видеоадаптеры, превосходящие VGA
SVRAM	Synchronous VRAM, синхронная видеопамять
Sync Burst SRAM	Синхронная пакетная статическая память
TAO	Track At Once, трековая запись CD
TCC	Thermal Control Circuit, цепи термоконтроля
TI-SDTR	Target Initiated Synchronous Data Transfer Request Negotiation, согласование режима синхронной передачи, инициированное ЦУ (SCSI)
TI-WDTR	Target Initiated Wide Data Transfer Request Negotiation, согласование разрядности передачи, инициированное ЦУ (SCSI)
TOC	Table Of Content, таблица содержимого
TTL	Transistor-TrihSistor Logic, транзисторно-транзисторная логика (ТТЛ)
UADSL	Universal ADSL, универсальная ADSL
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, универсальный асинхронный приемопередатчик
UDF	Universal Data Format, универсальный формат данных (файловая система CD/DVD)
ULSI	Ultra Large Scale Integration, сверхбольшая степень интеграции (СБИС, более 100000 компонентов)
Ultra DMA	Режим обмена по шине ATA от 33 Мбайт/с и выше с использованием DMA

UMA	1. Upper Memory Area, верхняя память 2. Unified Memory Architecture, архитектура унифицированной памяти
UMB	Upper Memory Block, блок верхней памяти
UPS	Uninterruptible Power System, система бесперебойного питания (ИБП)
USB	Universal Serial Bus, универсальная последовательная шина
USB D	USB Driver, драйвер USB . ,
UTP	Unshielded Twisted Pair, неэкранированная витая пара
VAFC	VESA Advanced Feature Connector, расширенный разъем VESA Feature Connector
VBE	VESA BIOS Extensions, расширение BIOS (дополнительный видеосервис)
VDSL	Very High Data-Rate Digital Subscriber Line, цифровая абонентская линия с очень высокой скоростью передачи
VESA	Video Electronics Standards Association, ассоциация по стандартизации в области видеоэлектроники
VESA	Video Electronic Standard Association — ассоциация по стандартизации в области видеоэлектроники
VFC	VESA Feature Connector, разъем внутренней шины адаптера VGA
VGA	Video Graphics Array, видеографический массив (графический адаптер)
VHS	Video Home System, домашний (не студийный) видеомаягнитофон
VLB	VESA Local Bus, локальная шина VESA
VRM	Voltage Regulation Module, регулятор напряжения питания
WARM	Write And Read Many times, многократные запись и считывание
WB	Write Back, обратная запись
WORM	Write Once, Read Many times, однократная запись и многократное считывание
WS	Workstation, рабочая станция
WSS	Windows Sound System, звуковая карта (аудиокодек без синтезаторов)
WT	1. Write Through, сквозная запись 2. Wave Table, волновая таблица
WYSIWYG	What You See Is What You Get, принцип «что видишь на экране, то и получишь»
WYSIWYP	What You See Is What Van Print, принцип «что видишь на экране, то и будет напечатано»
x86	Семейство процессоров, совместимых по системе команд с 8086/8088: 8086, 80186, 80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro...
XGA	eXtended Graphic Adapter, высокопроизводительный видеоадаптер
XMS	eXtended Memory Specification, спецификация расширенной памяти
XT	eXtended Technology, расширенная технология, класс ПК (IBM PC/XT)
ZBR	Zone Bit Recording, зонная запись
ZIF	Zero Insertion Force, нулевое усилие вставки
ZIP.ZIPP	Zigzag In-line Pin Package, корпус ИС с зигзагообразным расположением штырьковых выводов
БИС	Большая (по степени интеграции) ИС, содержащая 100-5000 компонентов
ЖКД	Жидкокристаллический дисплей (LCD)
ИБП	Источники бесперебойного питания
ИРПР	Параллельный интерфейс, отличающийся от Centronics
ИРПР-М	Параллельный интерфейс, аналогичный Centronics
ИС	Интегральная схема (чип)
КЗ	Короткое замыкание
ЛУ	Логическое устройство
МОД	Магнитооптический диск (MOD)
НГМД	Накопитель на гибком магнитном диске (FDD)
НЖМД	Накопитель на жестком магнитном диске (HDD)
ОЗУ	Оперативное запоминающее устройство (RAM)
ОС	Операционная система (OS)
ПЗУ	Постоянное запоминающее устройство (ROM)
ПО	Программное обеспечение
ПУ	Периферийное устройство

СБИС	Сверхбольшая (по степени интеграции) ИС, содержащая более 100 000 компонентов (ULSI)
ТВЧ	Телевидение высокой четкости (HDTV)
ТТЛ	Транзисторно-транзисторная логика (TTL)
ТТЛШ	Транзисторно-транзисторная логика с диодами Шоттки
УАПП	Универсальный асинхронный приемо-передатчик (UART)
ЦАП	Цифроаналоговый преобразователь (DAC)
ЦУ	Целевое устройство (target)
ЭЛТ	Электронно-лучевая трубка

## ЛИТЕРАТУРА

1. Архитектура ПК, комплектующие, мультимедиа. - Рудометов Е., Рудометов В. – Питер, 2000.
2. Гейн А.Г., Сенокосов А.И. Информатика. - М.: Дрофа, 1998.
3. Кушниренко А.Г. и др. Информатика. - М.: Дрофа, 1998.
4. Кузнецов А.А. и др. Основы информатики. - М.: Дрофа, 1998.
5. Лебедев Г.В., Кушниренко А.Г. 12 лекций по преподаванию курса информатики. - М.: Дрофа, 1998.
6. В.А. Острейковский. Информатика: Учеб. для вузов. –М.:Высш.шк.,2000.- 511 с.: ил.
7. М.Гук. Энциклопедия. Архитектура IBM PC.: СПб, Питер., 2003. –928с.
8. Информатика: Учебник. Изд 3-е пререраб./ Под ред проф. Н.В.Макаровой.- М.: Финансы и статистика, 1999, 768с.ил.
9. Тихомиров О.К., Корнилова Т.В. Принятие интеллектуальных решений в диалоге с компьютером. М.: Изд-во МГУ, 1990.
10. Автоматизированные информационные системы. /Н.А.Криницкий, Г.А.Миронов, Г.Д.Фролов / Под ред. Дородницына. –М.: Наука. 1982, 384с.
11. Информационное обеспечение интегрированных производственных систем. Под ред В.В. Александрова. –Л.: Машиностроение 1986.
12. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 2-е изд./ В.Г.Олифер, Н.А.Олифер. С-Пб.: Питер, 2004. -864 с.: ил.



Утверждено на заседании Ученого Совета Национального Университета  
Узбекистана имени Мирзо Улугбека 28.01.2004.  
Формат 60x84 1/16. Уч. Издл.10. Тираж.

