

Министерство образования Кузбасса  
Государственное профессиональное образовательное учреждение  
«Сибирский политехнический техникум»

УЧЕБНАЯ ДИСЦИПЛИНА

«ОП.02 Архитектура аппаратных средств»

**специальность**

09.02.07 Информационные системы и программирование

**Курс лекций**

Кемерово, 2021

Курс лекций разработан в соответствии с программой учебной дисциплины «**ОП.02 Архитектура аппаратных средств**» для специальности среднего профессионального образования 09.02.07 Информационные системы и программирование

**Разработчик:**

Щербакова К.А. преподаватель специальных дисциплин государственного профессионального образовательного учреждения «Сибирский политехнический техникум»

## Содержание

Лекция №1. Понятия аппаратных средств ЭВМ .....	4
Лекция №2. История развития вычислительных устройств и приборов .....	6
Лекция №3. Базовые представления об архитектуре ЭВМ .....	9
Лекция №4. Классификация архитектур вычислительных систем .....	11
Лекция №5. Микропроцессоры типа CISC, RISC, MISC.....	18
Лекция 6. №Системы команд процессора. Регистры процессора: сущность, назначение, типы.....	24
Лекция №7. Системные платы. Корпуса ПК. Блоки питания .....	40
Лекция №8. Виды памяти в технических средствах информатизации .....	68
Лекция №9. Мониторы и видеоадAPTERы .....	75
Лекция №10. Нестандартные периферийные устройства .....	99
Литература .....	103

## Лекция №1. Понятия аппаратных средств ЭВМ

Под термином "**архитектура ЭВМ**" принято понимать совокупность общих принципов организации аппаратно-программных средств и их основных характеристик, определяющих функциональные возможности ЭВМ.

**Архитектура ЭВМ** охватывает обширный круг проблем, связанных с созданием комплекса аппаратных и программных средств и учитывающих большое количество определяющих факторов. Среди этих факторов самыми главными являются:

- стоимость,
- сфера применения,
- функциональные возможности,
- удобство в эксплуатации.

Основным компонентом архитектуры считаются **аппаратные средства**.

Архитектуру вычислительного средства необходимо отличать от его структуры. Структура вычислительного средства определяет его текущий состав на определенном уровне детализации и описывает связи внутри средства.

Архитектура же определяет **основные правила взаимодействия** составных элементов вычислительного средства, описание которых выполняется в той мере, в какой необходимо для формирования правил их взаимодействия. Она устанавливает не все связи, а наиболее необходимые, которые должны быть известны для более грамотного использования применяемого средства.

Так, пользователю ЭВМ не важно, на каких элементах выполнены электронные схемы и т. д. Важно несколько другое:

- как те или иные структурные особенности ЭВМ связаны с возможностями, предоставляемыми пользователю,
- какие альтернативные решения реализованы при создании машины,
- по каким критериям принимались решения,
- как связаны между собой характеристики устройств, входящих в состав ЭВМ,
- какое действие они оказывают на общие характеристики компьютера.

Другими словами, **архитектура ЭВМ** действительно отражает круг проблем, которые относятся к общему проектированию и построению вычислительных машин и их программного обеспечения.

### Структура вычислительной системы

Из чего состоит любая вычислительная система?

Во-первых, из того, что в англоязычных странах принято называть словом **hardware**, или техническое обеспечение: процессор, память, монитор, дисковые устройства и т.д., объединенные магистральным соединением, которое называется **шиной**.

Во-вторых, вычислительная система состоит из **программного обеспечения (software)**.

### **Некоторые сведения об архитектуре компьютера**

Основными аппаратными компонентами компьютера являются: основная память, центральный процессор и периферийные устройства.

Для обмена данными между собой эти компоненты соединены группой проводов, называемой магистралью.



**Рис. 1.1.** Некоторые компоненты компьютера

Основная память используется для запоминания программ и данных в двоичном виде и организована в виде упорядоченного массива ячеек, каждая из которых имеет уникальный цифровой адрес. Как правило, размер ячейки составляет один байт. Типовые операции над основной памятью – считывание и запись содержимого ячейки с определенным адресом.

Выполнение различных операций с данными осуществляется изолированной частью компьютера, называемой центральным процессором (ЦП).

ЦП также имеет ячейки для запоминания информации, называемые регистрами. Их разделяют на регистры общего назначения и специализированные регистры. В современных компьютерах емкость регистра обычно составляет 4–8 байт. Регистры общего назначения используются для временного хранения данных и результатов операций. Для обработки информации обычно организовывается передача данных из ячеек памяти в регистры общего назначения, выполнение операции центральным процессором и передача результатов операции в основную память.

Специализированные регистры используются для контроля работы процессора. Наиболее важными являются: программный счетчик, регистр команд и регистр, содержащий информацию о состоянии программы.

Программы хранятся в виде последовательности машинных команд, которые должен выполнять центральный процессор. Каждая команда состоит из поля операции и полей операндов, то есть тех данных, над которыми выполняется данная операция. Весь набор машинных команд называется машинным языком.

Выполнение программы осуществляется следующим образом. Машинная команда, на которую указывает программный счетчик, считывается из памяти и копируется в регистр команд. Здесь она декодируется, после чего исполняется. После выполнения команды программный счетчик указывает на следующую команду. Эти действия, называемые машинным циклом, затем повторяются.

### **Взаимодействие с периферийными устройствами**

Периферийные устройства предназначены для ввода и вывода информации.

Каждое устройство обычно имеет в своем составе специализированный компьютер, называемый контроллером или адаптером. Когда контроллер вставляется в разъем на материнской плате, он подключается к шине и получает

уникальный номер (адрес). После этого контроллер осуществляет наблюдение за сигналами, идущими по шине, и отвечает на сигналы, адресованные ему.

Любая операция ввода-вывода предполагает диалог между ЦП и контроллером устройства. Когда процессору встречается команда, связанная с вводом-выводом, входящая в состав какой-либо программы, он выполняет ее, посыпая сигналы контроллеру устройства. Это так называемый программируемый ввод-вывод.

В свою очередь, любые изменения с внешними устройствами имеют следствием передачу сигнала от устройства к ЦП. С точки зрения ЦП это является асинхронным событием и требует его реакции. Для того чтобы обнаружить такое событие, между машинными циклами процессор опрашивает специальный регистр, содержащий информацию о типе устройства, сгенерировавшего сигнал. Если сигнал имеет место, то ЦП выполняет специфичную для данного устройства программу, задача которой – отреагировать на это событие надлежащим образом (например, занести символ, введенный с клавиатуры, в специальный буфер).

Такая программа называется программой обработки прерывания, а само событие прерыванием, поскольку оно нарушает плановую работу процессора. После завершения обработки прерывания процессор возвращается к выполнению программы. Эти действия компьютера называются вводом-выводом с использованием прерываний.

В современных компьютерах также имеется возможность непосредственного взаимодействия между контроллером и основной памятью, минуя ЦП, – так называемый механизм прямого доступа к памяти.

## **Лекция №2. История развития вычислительных устройств и приборов**

Рассмотрим некоторые события, которые предшествовали появлению компьютера. Они имеют большое значение, так как такое величайшее изобретение 20 века должно было иметь предпосылки и математическую и физическую базу.

Во-первых, в конце 19 века получила развитие математическая физика. Нужны стали машины, способные производить многократно повторяющиеся вычисления.

Во-вторых, в 1880 году американский изобретатель Томас Алва Эдисон ввел в вакуумный баллон электрической лампочки электрод и обнаружил протекание тока. Он открыл явление термоэлектронной эмиссии.

В-третьих, в 1904 году английский физик Джон Амброз Флеминг на основе открытия Эдисона создал диод, а несколько позже был изобретен триод.

В-четвертых, английский математик Джордж Буль еще в 1848 году описал правила логики, впоследствии названой его именем – булева алгебра. В соответствии с этой логикой алгебраические элементы могут принимать только два значения – истина (1) или ложь (0). Благодаря этой логике стало возможно конструирование логических схем.

И в-пятых, в 1918 году русский ученый М.А. Бонч-Бруевич и независимо от него английские ученые создали электронное реле, которое могло находиться в одном из двух состояний – 0 или 1.

К 20 веку все было подготовлено для создания компьютера.

Электронная вычислительная машина (ЭВМ), компьютер – комплекс технических средств, предназначенный для автоматической обработки информации в процессе решения вычислительных и информационных задач.

Идея делить машины на поколения вызвана к жизни тем, что за время короткой истории своего развития компьютерная техника проделала большую эволюцию как в смысле элементной базы (лампы, транзисторы, микросхемы и др.), так и в смысле изменения ее структуры, появления новых возможностей, расширения областей применения и характера использования.

**К первому поколению** обычно относят машины, созданные на рубеже 50-х гг. и базирующиеся на электронных лампах. Эти компьютеры были огромными, неудобными и слишком дорогими машинами, которые могли приобрести только крупные корпорации и правительства. Лампы потребляли значительное количество электроэнергии и выделяли много тепла.

Набор команд был ограничен, схемы арифметико-логического устройства и устройства управления достаточно просты, программное обеспечение практически отсутствовало. Показатели объема оперативной памяти и быстродействия были низкими. Для ввода-вывода использовались перфоленты, перфокарты, магнитные ленты и печатающие устройства. Быстродействие порядка 10–20 тыс. операций в секунду.

Программы для этих машин писались на языке конкретной машины. Математик, составивший программу, садился за пульт управления машины, вводил и отлаживал программы и производил по ним счет. Процесс отладки был весьма длительным по времени.

Несмотря на ограниченность возможностей, эти машины позволили выполнить сложнейшие расчеты, необходимые для прогнозирования погоды, решения задач атомной энергетики и др.

Опыт использования машин первого поколения показал, что существует огромный разрыв между временем, затрачиваемым на разработку программ, и временем счета. Эти проблемы начали преодолевать путем интенсивной разработки средств автоматизации программирования, создания систем обслуживающих программ, упрощающих работу на машине и увеличивающих эффективность ее использования. Это, в свою очередь, потребовало значительных изменений в структуре компьютеров, направленных на то, чтобы приблизить ее к требованиям, возникшим из опыта эксплуатации компьютеров.

Отечественные машины первого поколения: МЭСМ (малая электронная счетная машина), БЭСМ, Стрела, Урал, М-20.

**Второе поколение компьютерной техники** — машины, сконструированные в 1955—65 гг. Характеризуются использованием в них как электронных ламп, так и дискретных транзисторных логических элементов (транзисторов). Их оперативная память была построена на магнитных сердечниках. В это время стал расширяться диапазон применяемого оборудования

ввода-вывода, появились высокопроизводительные устройства для работы с магнитными лентами (НМЛ), магнитные барабаны (НМБ) и первые магнитные диски.

Эти машины характеризуются быстродействием до сотен тысяч операций в секунду, емкостью памяти — до нескольких десятков тысяч слов.

Появляются языки высокого уровня, средства которых допускают описание всей необходимой последовательности вычислительных действий в наглядном, легко воспринимаемом виде (ФОРТРАН, АЛГОЛ, КОБОЛ).

Программа, написанная на алгоритмическом языке, непонятна компьютеру, воспринимающему только язык своих собственных команд. Поэтому специальные программы, которые называются трансляторами, переводят программу с языка высокого уровня на машинный язык.

Появился широкий набор библиотечных программ для решения разнообразных задач, а также мониторные системы, управляющие режимом трансляции и исполнения программ, из которых в дальнейшем выросли современные операционные системы.

Операционная система — важнейшая часть программного обеспечения компьютера, предназначенная для автоматизации планирования и организации процесса обработки программ, ввода-вывода и управления данными, распределения ресурсов, подготовки и отладки программ, других вспомогательных операций обслуживания.

Машинам второго поколения была свойственна программная несовместимость, которая затрудняла организацию крупных информационных систем. Поэтому в середине 60-х гг. наметился переход к созданию компьютеров, программно совместимых и построенных на микроэлектронной технологической базе.

**Машины третьего поколения** — это семейства машин с единой архитектурой, т. е. программно совместимых. В качестве элементной базы в них используются интегральные схемы, которые также называются микросхемами.

Машины третьего поколения появились в 60-е гг. Поскольку процесс создания компьютерной техники шел непрерывно, и в нем участвовало множество людей из разных стран, имеющих дело с решением различных проблем, трудно и бесполезно пытаться установить, когда «поколение» начиналось и заканчивалось. Возможно, наиболее важным критерием различия машин второго и третьего поколений является критерий, основанный на понятии архитектуры.

Машины третьего поколения имеют развитые операционные системы. Они обладают возможностями мультипрограммирования, т. е. параллельного выполнения нескольких программ. Многие задачи управления памятью, устройствами и ресурсами стала брать на себя операционная система или же непосредственно сама машина.

Примеры машин третьего поколения — семейства IBM-360, IBM-370, PDP-11, VAX, ЕС ЭВМ (Единая система ЭВМ), СМ ЭВМ (Семейство малых ЭВМ) и др.

Быстродействие машин внутри семейства изменяется от нескольких десятков тысяч до миллионов операций в секунду. Емкость оперативной памяти достигает нескольких сотен тысяч слов.

**Четвертое поколение** — это основной контингент современной компьютерной техники, разработанной после 70-х гг.

Наиболее важный в концептуальном отношении критерий, по которому эти компьютеры можно отделить от машин третьего поколения, состоит в том, что машины четвертого поколения проектировались в расчете на эффективное использование современных высокоуровневых языков и упрощение процесса программирования для конечного пользователя.

В аппаратурном отношении для них характерно широкое использование интегральных схем в качестве элементной базы, а также наличие быстродействующих запоминающих устройств.

С точки зрения структуры машины этого поколения представляют собой многопроцессорные и многомашинные комплексы, использующие общую память и общее поле внешних устройств. Быстродействие составляет до нескольких десятков миллионов операций в секунду, емкость оперативной памяти порядка 1—512 Мбайт.

Для них характерны:

- применение персональных компьютеров (ПК);
- телекоммуникационная обработка данных;
- компьютерные сети;
- широкое применение систем управления базами данных;
- элементы интеллектуального поведения систем обработки данных и устройств.

**В компьютерах пятого поколения** предположительно должен произойти качественный переход от обработки данных к обработке знаний.

Архитектура компьютеров будущего поколения будет содержать два основных блока. Один из них — это традиционный компьютер, однако лишенный связи с пользователем. Эту связь осуществляет интеллектуальный интерфейс.

### **Лекция №3. Базовые представления об архитектуре ЭВМ**

Архитектура ЭВМ включает в себя как структуру, отражающую состав ПК, так и программно — математическое обеспечение. Структура ЭВМ - совокупность элементов и связей между ними. Основным принципом построения всех современных ЭВМ является программное управление.

Основы учения об архитектуре вычислительных машин были заложены Джон фон Нейманом. Совокупность этих принципов породила классическую (фон-неймановскую) архитектуру ЭВМ.

Фон Нейман не только выдвинул основополагающие принципы логического устройства ЭВМ, но и предложил ее структуру, представленную на рисунке.



Положения фон Неймана:

- Компьютер состоит из нескольких основных устройств (арифметико-логическое устройство, управляющее устройство, память, внешняя память, устройства ввода и вывода)
  - Арифметико-логическое устройство – выполняет логические и арифметические действия, необходимые для переработки информации, хранящейся в памяти
  - Управляющее устройство – обеспечивает управление и контроль всех устройств компьютера (управляющие сигналы указаны пунктирными стрелками)
  - Данные, которые хранятся в запоминающем устройстве, представлены в двоичной форме
  - Программа, которая задает работу компьютера, и данные хранятся в одном и том же запоминающем устройстве

Для ввода и вывода информации используются устройства ввода и вывода.

Один из важнейших принципов – принцип хранения программы – требует, чтобы программа закладывалась в память машины так же, как в нее закладывается исходная информация.

Арифметико-логическое устройство и устройство управления в современных компьютерах образуют процессор ЭВМ. Процессор, который состоит из одной или нескольких больших интегральных схем называется микропроцессором или микропроцессорным комплектом.

Процессор – функциональная часть ЭВМ, выполняющая основные операции по обработке данных и управлению работой других блоков. Процессор является преобразователем информации, поступающей из памяти и внешних устройств.

Запоминающие устройства обеспечивают хранение исходных и промежуточных данных, результатов вычислений, а также программ. Они включают: оперативные (ОЗУ), сверхоперативные СОЗУ, постоянные (ПЗУ) и внешние (ВЗУ) запоминающие устройства.

Оперативные ЗУ хранят информацию, с которой компьютер работает непосредственно в данное время (резидентная часть операционной системы, прикладная программа, обрабатываемые данные). В СОЗУ хранится наиболее часто используемые процессором данные. Только та информация, которая хранится в СОЗУ и ОЗУ, непосредственно доступна процессору. Внешние запоминающие устройства (накопители на магнитных дисках, например,

жесткий диск или винчестер) с емкостью намного больше, чем ОЗУ, но с существенно более медленным доступом, используются для длительного хранения больших объемов информации. Например, операционная система (ОС) хранится на жестком диске, но при запуске компьютера резидентная часть ОС загружается в ОЗУ и находится там до завершения сеанса работы ПК.

ПЗУ (постоянные запоминающие устройства) и ППЗУ (перепрограммируемые постоянные запоминающие устройства) предназначены для постоянного хранения информации, которая записывается туда при ее изготовлении, например, ППЗУ для BIOS.

В качестве устройства ввода информации служит, например, клавиатура. В качестве устройства вывода – дисплей, принтер и т.д. В построенной по схеме фон Неймана ЭВМ происходит последовательное считывание команд из памяти и их выполнение. Номер (адрес) очередной ячейки памяти, из которой будет извлечена следующая команда программы, указывается специальным устройством – счетчиком команд в устройстве управления.

#### **Лекция №4. Классификация архитектур вычислительных систем**

Стремительное развитие науки, проникновение человеческой мысли во все новые области вместе с решением поставленных прежде проблем постоянно порождает поток вопросов и ставит новые, как правило, более сложные, задачи. Во времена первых компьютеров казалось, что увеличение их быстродействия в 100 раз позволит решить большинство проблем, однако гигантская производительность современных суперЭВМ сегодня явно недостаточна для многих ученых. Наиболее перспективное и динамичное направление увеличения скорости решения прикладных задач — широкое внедрение идей параллелизма в работу вычислительных систем.

К настоящему времени спроектированы и опробованы сотни различных компьютеров, использующих в своей архитектуре тот или иной вид параллельной обработки данных. В научной литературе и технической документации можно найти более десятка различных названий, характеризующих лишь общие принципы функционирования параллельных машин: векторно-конвейерные, массивно-параллельные, компьютеры с широким командным словом, систолические массивы, гиперкубы, спецпроцессоры и мультипроцессоры, иерархические и кластерные компьютеры, архитектуры параллельных вычислений, матричные ЭВМ и др.

Архитектурой компьютера называется его описание на некотором общем уровне, включающее описание пользовательских возможностей программирования, системы команд, системы адресации, организаций памяти и т. д. Архитектура определяет принципы действия, информационные связи и взаимное соединение основных логических узлов компьютера: процессора, оперативного ЗУ, внешних ЗУ и периферийных устройств.

Наиболее распространены следующие архитектурные решения.

1. Классическая архитектура (архитектура Дж. фон Неймана) — одно АЛУ.

2. Многопроцессорная архитектура. Наличие в компьютере нескольких процессоров означает, что параллельно может быть организовано много потоков данных и команд, т. е. могут выполняться несколько фрагментов одной задачи.

3. Многомашинная вычислительная система. Несколько процессоров, входящих в вычислительную систему, не имеют общей оперативной памяти, а каждый имеет свою локальную. Каждый компьютер в многомашинной системе имеет классическую архитектуру, и такая система применяется достаточно широко. Однако эффект от применения многомашинной системы может быть получен только при решении задач, имеющих специальную структуру, которая должна разбиваться на столько слабосвязанных подзадач, сколько компьютеров в системе.

Классификация помогает разобраться с тем, что представляет собой каждая архитектура, как они взаимосвязаны между собой, что необходимо учитывать для написания действительно эффективных программ или на какой класс архитектур следует ориентироваться для решения требуемого класса задач. Одновременно удачная классификация могла бы подсказать возможные пути совершенствования компьютеров, и в этом смысле она должна быть достаточно содержательной.

Классическая архитектура (фон-неймановская) — это однопроцессорный компьютер, в котором все функциональные блоки связаны между собой общей шиной, называемой также системной магистралью (рис. 2.4).

Функции процессора команд во многом схожи с функциями устройств управления последовательных машин и сводятся к следующим:

- на основе своего состояния и полученной от процессора данных (OP) информации процессор команд (1P) определяет адрес команды, которая будет выполняться следующей;

Общая схема компьютера

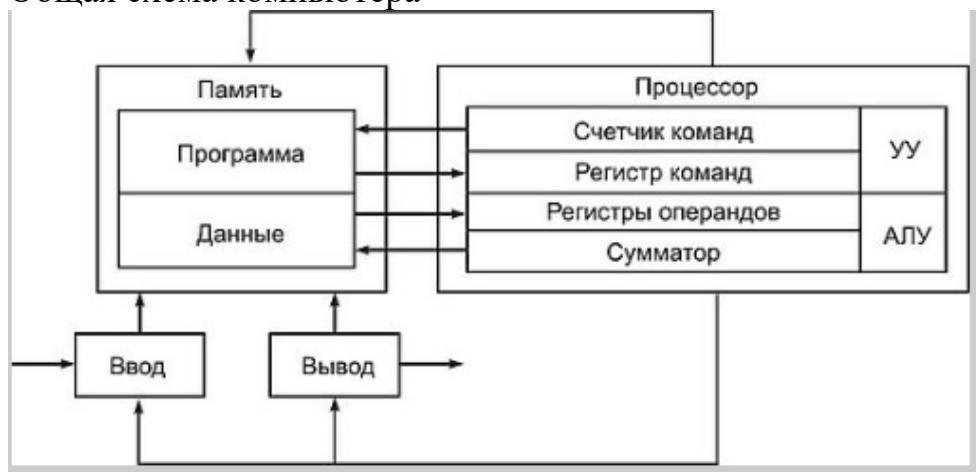


Рис. 2.4. Общая схема компьютера

- осуществляет доступ к запоминающим устройствам (1М) для выборки команды;
- получает и декодирует выбранную команду;
- сообщает процессору данных команду, которую надо выполнить;
- определяет адреса операндов и посыпает их в процессор данных;
- получает от процессора данных информацию о результате выполнения команды.

В терминах таким образом определенных основных частей компьютера структура традиционной фон-неймановской архитектуры имеет вид, показанный на рис. 2.5.

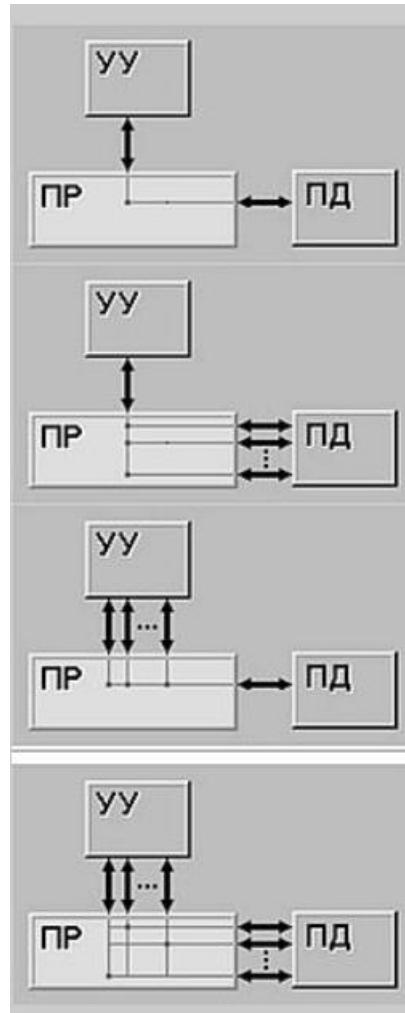


Рис. 2.5. Структура традиционной фон-неймановской архитектуры: ЭР — процессор данных; ГР — процессор команд

Существуют следующие классификации архитектур вычислительных систем: Флинна, Фенга, Хокни, Шнайдера, Скилли-корна и Дунканна.

Классификация Флинна. Самая ранняя и наиболее известная — классификация архитектур вычислительных систем, предложенная в 1966 г. М. Флинном. Классификация базируется на понятии потока, под которым понимается последовательность элементов, команд или данных, обрабатываемых процессором. Флинн выделяет четыре класса архитектур на основе числа потоков команд и данных (табл. 2.2): ОКОД (8150), ОКМД (8ИУЮ), МКОД (М180) и МКМД (М1МО).

Таблица 2.2. Классы архитектур  
Класс



### Характеристика

**ОКОД (ЭКБ)** — одиночные потоки команд и данных. К этому классу относятся классические ЭВМ фон-неймановского типа, например РОР-11 или УАХ 11/780. В таких ЭВМ имеется только один поток команд, все команды обрабатываются последовательно друг за другом и каждая команда инициирует одну операцию с одним потоком данных

**ОКМД (81МБ)** — одиночный поток команд и множественный поток данных. В архитектурах подобного рода сохраняется один поток команд, включающий векторные команды. Это позволяет выполнять одну арифметическую операцию сразу над многими данными — элементами вектора

**МКОД (МКБ)** — множественный поток команд и одиночный поток данных, что подразумевает наличие в архитектуре множества процессоров, обрабатывающих один и тот же поток данных

**МКМД (М1МВ)** — множественные потоки команд и данных. Этот класс ЭВМ предполагает, что в вычислительной системе имеется несколько устройств обработки команд, объединенных в комплекс и работающих каждое со своим потоком команд и данных

Предложенная схема классификации — самая распространенная при характеристике того или иного компьютера. Если говорится, что компьютер

принадлежит классу ОКМД (Б! МО) или МКМД (MIMD), то сразу становится понятным базовый принцип его работы.

В архитектуру класса О КОД (SISD) входят последовательные однопроцессорные компьютеры, например на базе Intel 80486.

Бесспорными представителями класса ОКМД (SIMD) считаются матрицы процессоров: ILLIAC IV, ICL DAP, Goodyear Aerospace MPP, Connection Machine 1 и т. п. Данный класс чрезвычайно популярен в системах: Intel MMX/SSE/SSE2, AMD 3DNow, SPARC VIS.

Класс МКМД (MIMD) чрезвычайно широк, поскольку включает всевозможные мультипроцессорные системы: С.mmp, CRAY Y-MP, Denelcor HEP, BBN Butterfly, Intel Paragon, CRAY T3D и многие др.

Классификация Фенга. Т. Фенг в 1972 г. предложил классифицировать вычислительные системы на основе двух простых характеристик. Первая — число бит (п) в машинном слове, обрабатываемых параллельно при выполнении машинных инструкций. Практически во всех современных компьютерах это число совпадает с длиной машинного слова. Вторая характеристика равна числу слов (т), обрабатываемых одновременно данной вычислительной системой.

Немного изменив терминологию, функционирование любого компьютера можно представить как параллельную обработку битовых слоев, на каждом из которых независимо преобразуется определенное количество бит. Опираясь на такую интерпретацию, вторую характеристику обычно называют шириной битового слоя.

Если рассмотреть предельные верхние значения данных характеристик, то каждую вычислительную систему С можно описать парой чисел (п, т) и представить точкой на плоскости в системе координат: длина слова — ширина битового слоя. Площадь прямоугольника со сторонами п и т определяет интегральную характеристику потенциала параллельности Р архитектуры и носит название максимальной степени параллелизма вычислительной системы.

$$P(C) = t * p.$$

Классификация Хокни. Р. Хокни разработал подход к классификации, введенной им для систематизации компьютеров, попадающих в класс МКМД(МШО) по систематике Флинна. Хокни, пытаясь систематизировать архитектуры внутри этого класса, получил иерархическую структуру (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Классификация Хокни

Множественный поток команд может быть обработан двумя способами: либо конвейерным устройством обработки, работающим в режиме разделения времени для потоков, либо каждый поток обрабатывается своим собственным устройством. Первая возможность используется в МКМД (М1МО) компьютерах, которые Хокни называет конвейерными.

Архитектуры МКМД (М1МО), использующие вторую возможность, в свою очередь, подразделяются на два подкласса:

- компьютеры, в которых возможна прямая связь каждого процессора со всеми остальными, реализуемая с помощью переключателя;
- компьютеры, в которых прямая связь каждого процессора возможна только с ближайшими соседями по сети, а взаимодействие удаленных процессоров поддерживается специальной системой маршрутизации через процессоры-посредники.

Классификация Шнайдера. В 1988 г. Л. Шнайдер предложил новый подход к описанию архитектур параллельных вычислительных систем, попадающих в класс ОКМД (81 МО) систематики Флинна. Основная идея заключается в выделении этапов выборки и непосредственно исполнения в потоках команд и данных. Именно разделение потоков на адреса и их содержимое позволяет описать такие ранее «неудобные» для классификации архитектуры, как компьютеры с длинным командным словом, sistолические массивы и др.

Классификация Скилликорна. В 1989 г. Д. Скилликорн разработал подход, пригодный для описания свойств многопроцессорных систем и некоторых нетрадиционных архитектур.

Предлагается рассматривать архитектуру любого компьютера как абстрактную структуру, состоящую из четырех компонентов:

- процессор команд (Instruction Processor — IP) — функциональное устройство, работающее как интерпретатор команд (в системе, вообще говоря, может отсутствовать);

- процессор данных (Data Processor — DP) — функциональное устройство, работающее как преобразователь данных в соответствии с заданными арифметическими операциями;
- иерархия памяти (Instruction Memory — IM, Data Memory — DM) — запоминающее устройство, в котором хранятся данные и команды, пересылаемые между процессорами;
- переключатель — абстрактное устройство, обеспечивающее связь между процессорами и памятью.

В соответствии с выбранными терминами структуру архитектуры можно представить в следующем виде (рис. 2.7).

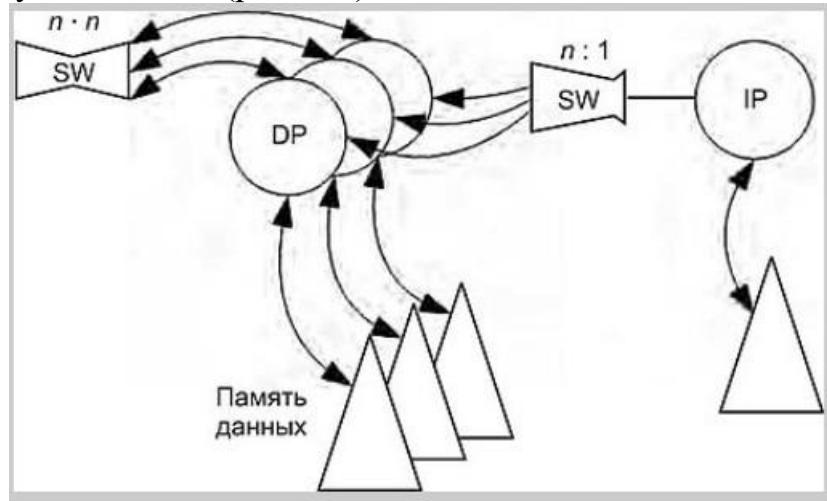


Рис. 2.7. Условное изображение архитектуры Скилликорна: ЭР — процессор данных; 5У — переключатель; 1Р — процессор команд

Для описания параллельных вычислительных систем автор зафиксировал четыре типа переключателей (8У):

- 1:1 — переключатель такого типа связывает два функциональных устройства;
- $n : n$  — переключатель связывает  $/$ -е устройство из одного множества устройств с  $/$ -м устройством из другого множества, т. е. фиксирует попарную связь;
- $1 : n$  — переключатель соединяет одно выделенное устройство со всеми функциональными устройствами из некоторого набора;
- $n \cdot n$  — каждое функциональное устройство одного множества может быть связано с любым устройством другого множества, и наоборот.

**Классификация Дункана.** Р. Дункан предлагает неформальное определение параллельной архитектуры, причем именно неформальность позволила ему включить в данный класс компьютеры, которые ранее не вписывались в систематику Флинна. Параллельная архитектура — это такой способ организации вычислительной системы, при котором допускается, чтобы множество процессоров (простых или сложных) могли бы работать одновременно, взаимодействуя друг с другом.

Все разнообразие параллельных архитектур Дункана приведено на рис. 2.8.

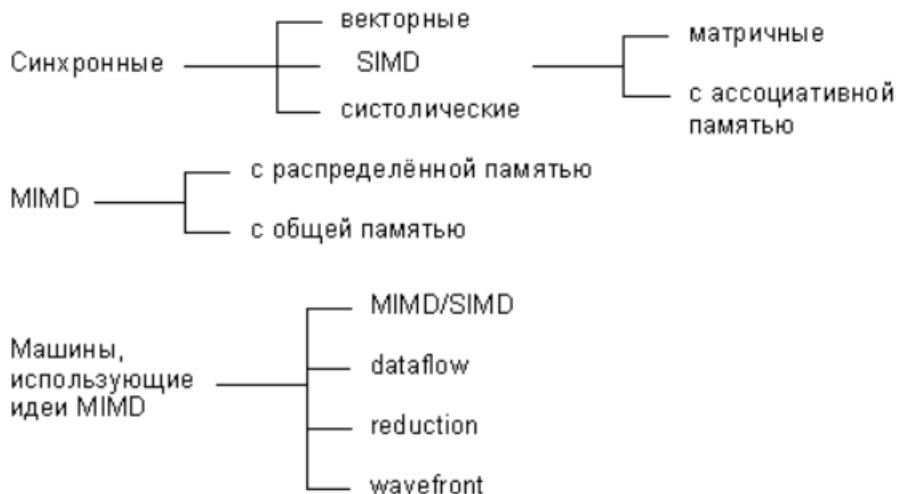


Рис. 2.8. Классификация параллельных архитектур Дункана

Практика показала, что каждая структура вычислительной системы эффективно обрабатывает лишь задачи определенного класса. Только в этом случае система обеспечивает максимальную производительность.

## Лекция №5. Микропроцессоры типа CISC, RISC, MISC

Большинство современных процессоров для персональных компьютеров в общем основаны на той или иной версии циклического процесса последовательной обработки данных, изобретённого Джоном фон Нейманом.

Дж. фон Нейман придумал схему постройки компьютера в 1946 году.

Отличительной особенностью архитектуры фон Неймана является то, что инструкции и данные хранятся в одной и той же памяти.

В различных архитектурах и для различных команд могут потребоваться дополнительные этапы. Например, для арифметических команд могут потребоваться дополнительные обращения к памяти, во время которых производится считывание операндов и запись результатов.

Этапы цикла выполнения:

1. Процессор выставляет число, хранящееся в регистре счётчика команд, на шину адреса и отдаёт памяти команду чтения.

2. Выставленное число является для памяти адресом; память, получив адрес и команду чтения, выставляет содержимое, хранящееся по этому адресу, на шину данных и сообщает о готовности.

3. Процессор получает число с шины данных, интерпретирует его как команду (машинную инструкцию) из своей системы команд и исполняет её.

4. Если последняя команда не является командой перехода, процессор увеличивает на единицу (в предположении, что длина каждой команды равна единице) число, хранящееся в счётчике команд; в результате там образуется адрес следующей команды.

Данный цикл выполняется неизменно, и именно он называется процессом (откуда и произошло название устройства).

Во время процесса процессор считывает последовательность команд, содержащихся в памяти, и исполняет их. Такая последовательность команд называется **программой** и представляет **алгоритм** работы процессора. Очередность считывания команд изменяется в случае, если процессор считывает команду перехода, — тогда адрес следующей команды может оказаться другим. Другим примером изменения процесса может служить случай получения **команды остановка** или переключение в режим обработки **прерывания**.

Команды центрального процессора являются самым нижним уровнем управления компьютером, поэтому выполнение каждой команды неизбежно и безусловно. Не производится никакой проверки на допустимость выполняемых действий, в частности, не проверяется возможная потеря ценных данных. Чтобы компьютер выполнял только допустимые действия, команды должны быть соответствующим образом организованы в виде необходимой программы.

Скорость перехода от одного этапа цикла к другому определяется **тактовым генератором**. Тактовый генератор вырабатывает импульсы, служащие ритмом для центрального процессора. Частота тактовых импульсов называется **тактовой частотой**.

Конвейерная архитектура[

Конвейерная архитектура (**англ.** pipelining) была введена в центральный процессор с целью повышения быстродействия. Обычно для выполнения каждой команды требуется осуществить некоторое количество однотипных операций, например: выборка команды из **ОЗУ**, дешифровка команды, адресация операнда в ОЗУ, выборка операнда из ОЗУ, выполнение команды, запись результата в ОЗУ. Каждую из этих операций сопоставляют одной ступени конвейера. Например, конвейер микропроцессора с архитектурой **MIPS-I** содержит четыре стадии:

- получение и декодирование инструкции,
- адресация и выборка операнда из ОЗУ,
- выполнение арифметических операций,
- сохранение результата операции.

После освобождения  $k$ -й ступени конвейера она сразу приступает к работе над следующей командой. Если предположить, что каждая ступень конвейера тратит единицу времени на свою работу, то выполнение команды на конвейере длиной в  $n$  ступеней займёт  $n$  единиц времени, однако в самом оптимистичном случае результат выполнения каждой следующей команды будет получаться через каждую единицу времени.

Действительно, при отсутствии конвейера выполнение команды займёт  $n$  единиц времени (так как для выполнения команды по-прежнему необходимо выполнять выборку, дешифровку и т. д.), и для исполнения  $m$  команд понадобится  $n \cdot m$  единиц времени; при использовании конвейера (в самом оптимистичном случае) для выполнения  $m$  команд понадобится всего лишь  $n + m$  единиц времени.

Факторы, снижающие эффективность конвейера:

1. Простой конвейера, когда некоторые ступени не используются (например, адресация и выборка операнда из ОЗУ не нужны, если команда работает с регистрами).

2. Ожидание: если следующая команда использует результат предыдущей, то последняя не может начать выполняться до выполнения первой (это преодолевается при использовании внеочередного выполнения команд — out-of-order execution).

3. Очистка конвейера при попадании в него команды перехода (этую проблему удаётся сгладить, используя предсказание переходов).

Некоторые современные процессоры имеют более 30 ступеней в конвейере, что повышает производительность процессора, но, однако, приводит к увеличению длительности простоя (например, в случае ошибки в предсказании условного перехода). Не существует единого мнения по поводу оптимальной длины конвейера: различные программы могут иметь существенно различные требования.

### **Суперскалярная** архитектура

Способность выполнения нескольких машинных инструкций за один такт процессора путем увеличения числа исполнительных устройств. Появление этой технологии привело к существенному увеличению производительности, в то же время существует определенный предел роста числа исполнительных устройств, при превышении которого производительность практически перестает расти, а исполнительные устройства простаивают. Частичным решением этой проблемы является, например, технология **Hyper-threading**.

### **CISC**-процессоры

Complex instruction set computer — вычисления со сложным набором команд. Процессорная архитектура, основанная на усложнённом наборе команд. Типичными представителями **CISC** являются микропроцессоры семейства **x86** (хотя уже много лет эти процессоры являются CISC только по внешней системе команд: в начале процесса исполнения сложные команды разбиваются на более простые микрооперации (МОП), исполняемые **RISC**-ядром).

### **RISC**-процессоры

Reduced instruction set computer — вычисления с упрощённым набором команд (в литературе слово reduced нередко ошибочно переводят как «сокращённый»). Архитектура процессоров, построенная на основе упрощённого набора команд, характеризуется наличием команд фиксированной длины, большого количества регистров, операций типа регистр-регистр, а также отсутствием косвенной адресации. Концепция RISC разработана **Джоном Коком** из **IBM** Research, название придумано Дэвидом Паттерсоном (David Patterson).

Упрощение набора команд призвано сократить конвейер, что позволяет избежать задержек на операциях условных и безусловных переходов. Однородный набор регистров упрощает работу компилятора при оптимизации исполняемого

программного кода. Кроме того, RISC-процессоры отличаются меньшим энергопотреблением и тепловыделением.

Среди первых реализаций этой архитектуры были процессоры **MIPS**, **PowerPC**, **SPARC**, **Alpha**, **PA-RISC**. В мобильных устройствах широко используются **ARM**-процессоры.

### **MISC**-процессоры

Minimum instruction set computer — вычисления с минимальным набором команд. Дальнейшее развитие идей команды Чака Мура, который полагает, что принцип простоты, изначальный для RISC-процессоров, слишком быстро отошёл на задний план. В пылу борьбы за максимальное быстродействие, RISC догнал и обогнал многие CISC-процессоры по сложности. Архитектура MISC строится на **стековой вычислительной модели** с ограниченным числом команд (примерно 20—30 команд).

### **VLIW**-процессоры

Very long instruction word — сверхдлинное командное слово. Архитектура процессоров с явно выраженным параллелизмом вычислений, заложенным в систему команд процессора. Являются основой для архитектуры **EPIC**. Ключевым отличием от суперскалярных CISC-процессоров является то, что для них загрузкой исполнительных устройств занимается часть процессора (планировщик), на что отводится достаточно мало времени, в то время как загрузкой вычислительных устройств для VLIW-процессора занимается **компилятор**, на что отводится существенно больше времени (качество загрузки и, соответственно, производительность теоретически должны быть выше). Примером VLIW-процессора является Intel **Itanium**.

### Многоядерные процессоры

Содержат несколько процессорных ядер в одном корпусе (на одном или нескольких кристаллах).

Процессоры, предназначенные для работы одной копии **операционной системы** на нескольких ядрах, представляют собой высокointегрированную реализацию **мультипроцессорности**.

Первым многоядерным микропроцессором стал **POWER4** от **IBM**, появившийся в **2001 году** и имевший два ядра.

В октябре **2004 года** **Sun Microsystems** выпустила двухъядерный процессор **UltraSPARC IV**, который состоял из двух модифицированных ядер **UltraSPARC III**. В начале 2005 был создан двухъядерный UltraSPARC IV+.

**14 ноября 2005 года** Sun выпустила восьмиядерный **UltraSPARC T1**, каждое ядро которого выполняло 4 **потока**.

**5 января 2006 года** Intel представила первый двухъядерный процессор на одном кристалле Core Duo, для мобильной платформы.

В ноябре **2006 года** вышел первый четырёхъядерный процессор **Intel Core 2 Quad** на ядре Kentsfield, представляющий собой сборку из двух кристаллов Conroe в одном корпусе. Потомком этого процессора стал Intel Core 2 Quad на ядре

Yorkfield (45 нм), архитектурно схожем с Kentsfield, но имеющим больший объём кэша и рабочие частоты.

В октябре 2007 года в продаже появились восьмиядерные UltraSPARC T2, каждое ядро выполняло 8 потоков.

10 сентября 2007 года были выпущены в продажу настоящие (в виде одного кристалла) четырёхъядерные процессоры для серверов AMD Opteron, имевшие в процессе разработки кодовое название AMD Opteron Barcelona. 19 ноября 2007 года вышел в продажу четырёхъядерный процессор для домашних компьютеров AMD Phenom. Эти процессоры реализуют новую микроархитектуру K8L (K10).

Компания AMD пошла по собственному пути, изготавливая четырёхъядерные процессоры единым кристаллом (в отличие от Intel, первые четырёхъядерные процессоры которой представляют собой фактически склейку двух двухъядерных кристаллов). Несмотря на всю прогрессивность подобного подхода, первый «четырёхъядерник» фирмы, названный AMD Phenom X4, получился не слишком удачным. Его отставание от современных ему процессоров конкурента составляло от 5 до 30 и более процентов в зависимости от модели и конкретных задач.

К 1—2 кварталу 2009 года обе компании обновили свои линейки четырёхъядерных процессоров. Intel представила семейство Core i7, состоящее из трёх моделей, работающих на разных частотах. Основными изюминками данного процессора является использование трёхканального контроллера памяти (типа DDR3) и технологии эмулирования восьми ядер (полезно для некоторых специфических задач). Кроме того, благодаря общей оптимизации архитектуры удалось значительно повысить производительность процессора во многих типах задач. Слабой стороной платформы, использующей Core i7, является её чрезмерная стоимость, так как для установки данного процессора необходима дорогая материнская плата на чипсете Intel X58 и трёхканальный набор памяти типа DDR3, также имеющий на данный момент высокую стоимость.

Компания AMD, в свою очередь, представила линейку процессоров Phenom II X4. При её разработке компания учла свои ошибки: был увеличен объём кэша (по сравнению с первым поколением Phenom), процессоры стали изготавливаться по 45-нм техпроцессу (это, соответственно, позволило снизить тепловыделение и значительно повысить рабочие частоты). В целом, AMD Phenom II X4 по производительности стоит вровень с процессорами Intel предыдущего поколения (ядро Yorkfield) и весьма значительно отстает от Intel Core i7. С выходом 6-ядерного процессора AMD Phenom II X6 Black Thuban 1090T ситуация немного изменилась в пользу AMD.

По состоянию на 2013 год массово доступны процессоры с двумя, тремя, четырьмя и шестью ядрами, а также двух-, трёх- и четырёх-модульные процессоры AMD поколения Bulldozer. В серверном сегменте также доступны 8-ядерные процессоры Xeon и Nehalem (Intel) и 12-ядерные Opteron (AMD).

## Кэширование

Кэширование — это использование дополнительной быстродействующей памяти (так называемого кэша — англ. cache, от фр. cacher — «прятать») для

хранения копий блоков информации из основной (оперативной) памяти, вероятность обращения к которым в ближайшее время велика.

Различают кэши 1-, 2- и 3-го уровней (обозначаются L1, L2 и L3 — от Level 1, Level 2 и Level 3). Кэш 1-го уровня имеет наименьшую латентность (время доступа), но малый размер, кроме того, кэши первого уровня часто делаются многопортовыми. Так, процессоры AMD K8 умели производить одновременно 64-битные запись и чтение, либо два 64-битных чтения за такт, AMD K8L может производить два 128-битных чтения или записи в любой комбинации. Процессоры Intel Core 2 могут производить 128-битные записи и чтение за такт. Кэш 2-го уровня обычно имеет значительно большую латентность доступа, но его можно сделать значительно больше по размеру. Кэш 3-го уровня — самый большой по объёму и довольно медленный, но всё же он гораздо быстрее, чем оперативная память.

### Гарвардская архитектура

Гарвардская архитектура отличается от архитектуры фон Неймана тем, что программный код и данные хранятся в разной памяти. В такой архитектуре невозможны многие методы программирования (например, программа не может во время выполнения менять свой код; невозможно динамически перераспределять память между программным кодом и данными); зато гарвардская архитектура позволяет более эффективно выполнять работу в случае ограниченных ресурсов, поэтому она часто применяется во встраиваемых системах.

### Параллельная архитектура

Архитектура фон Неймана обладает тем недостатком, что она последовательная. Какой бы огромный массив данных ни требовалось обработать, каждый его байт должен будет пройти через центральный процессор, даже если над всеми байтами требуется провести одну и ту же операцию. Этот эффект называется узким горлышком фон Неймана.

Для преодоления этого недостатка предлагались и предлагаются архитектуры процессоров, которые называются параллельными. Параллельные процессоры используются в суперкомпьютерах.

Возможными вариантами параллельной архитектуры могут служить (по классификации Флинна):

- **SISD** — один поток команд, один поток данных;
- **SIMD** — один поток команд, много потоков данных;
- **MISD** — много потоков команд, один поток данных;
- **MIMD** — много потоков команд, много потоков данных.

Цифровые сигнальные процессоры [[править](#) | [править вики-текст](#)]

Основная статья: [Цифровой сигнальный процессор](#)

Для цифровой обработки сигналов, особенно при ограниченном времени обработки, применяют специализированные высокопроизводительные сигнальные микропроцессоры ([англ.](#) digital signal processor, DSP) с параллельной архитектурой.

Рабочая температура процессора

Ещё один параметр ЦП — максимально допустимая температура поверхности процессора, при которой возможна нормальная работа (от 54,8 до 100 °C). Температура процессора зависит от его загруженности и от качества теплоотвода. При температуре, превышающей максимально допустимую производителем, нет гарантии, что процессор будет функционировать нормально. В таких случаях возможны ошибки в работе программ или зависание компьютера.

Тепловыделение процессоров и отвод тепла

Для теплоотвода от микропроцессоров применяются пассивные **радиаторы** и активные **кулеры**.

Измерение и отображение температуры микропроцессора

Для измерения температуры микропроцессора, обычно внутри микропроцессора, в области центра крышки микропроцессора устанавливается **датчик** температуры микропроцессора. В микропроцессорах Intel датчик температуры — термодиод или транзистор с замкнутыми коллектором и базой в качестве термодиода, в микропроцессорах AMD — терморезистор.

Производители

Наиболее популярные процессоры сегодня производят фирмы **Intel**, **AMD** и **IBM**.

Большинство процессоров, используемых в настоящее время, являются Intel-совместимыми, то есть имеют набор инструкций и интерфейсы программирования, сходные с используемыми в процессорах компании Intel.

Процессоры Intel: **8086**, **80286**, **i386**, **i486**, **Pentium**, **Pentium II**, **Pentium III**, **Celeron** (упрощённый вариант Pentium), **Pentium 4**, **Core 2 Duo**, **Core 2 Quad**, **Core i3**, **Core i5**, **Core i7**, **Xeon** (серия процессоров для серверов), **Itanium**, **Atom** (серия процессоров для встраиваемой техники) и др.

AMD имеет в своей линейке процессоры архитектуры x86 (аналоги 80386 и 80486, семейство K6 и семейство K7 — **Athlon**, **Duron**, **Sempron**) и x86-64 (**Athlon 64**, **Athlon 64 X2**, **Phenom**, **Opteron** и др.). Процессоры IBM (**POWER6**, **POWER7**, **Xenon**, **PowerPC**) используются в суперкомпьютерах, в видеоприставках 7-го поколения, встраиваемой технике; ранее использовались в компьютерах фирмы Apple.

По данным компании IDC, по итогам 2009 года на рынке микропроцессоров для настольных ПК, ноутбуков и серверов доля корпорации Intel составила 79,7 %, доля AMD — 20,1 %.

## Лекция 6. №Системы команд процессора. Регистры процессора: сущность, назначение, типы

Система команд процессора

В общем случае система команд процессора включает в себя следующие четыре основные группы команд:

команды пересылки данных;

арифметические команды ;

логические команды ;

команды переходов.

Команды пересылки данных не требуют выполнения никаких операций над операндами. Операнды просто пересылаются (точнее, копируются) из источника (Source) в приемник (Destination). Источником и приемником могут быть внутренние регистры процессора, ячейки памяти или устройства ввода/вывода. АЛУ в данном случае не используется.

Арифметические команды выполняют операции сложения, вычитания, умножения, деления, увеличения на единицу (инкрементирования), уменьшения на единицу (декрементирования) и т.д. Этим командам требуется один или два входных операнда. Формируют команды один выходной операнд.

Логические команды производят над операндами логические операции, например, логическое И, логическое ИЛИ, исключающее ИЛИ, очистку, инверсию, разнообразные сдвиги (вправо, влево, арифметический сдвиг, циклический сдвиг). Этим командам, как и арифметическим, требуется один или два входных операнда, и формируют они один выходной операнд.

Наконец, команды переходов предназначены для изменения обычного порядка последовательного выполнения команд. С их помощью организуются переходы на подпрограммы и возвраты из них, всевозможные циклы, ветвления программ, пропуски фрагментов программ и т.д. Команды переходов всегда меняют содержимое счетчика команд. Переходы могут быть условными и безусловными. Именно эти команды позволяют строить сложные алгоритмы обработки информации.

В соответствии с результатом каждой выполненной команды устанавливаются или очищаются биты регистра состояния процессора (PSW). Но надо помнить, что не все команды изменяют все имеющиеся в PSW флаги. Это определяется особенностями каждого конкретного процессора.

У разных процессоров системы команд существенно различаются, но в основе своей они очень похожи. Количество команд у процессоров также различно. Например, у упоминавшегося уже процессора MC68000 всего 61 команда, а у процессора 8086 — 133 команды. У современных мощных процессоров количество команд достигает нескольких сотен. В то же время существуют процессоры с сокращенным набором команд (так называемые RISC-процессоры), в которых за счет максимального сокращения количества команд достигается увеличение эффективности и скорости их выполнения.

Рассмотрим теперь особенности четырех выделенных групп команд процессора более подробно.

Команды пересылки данных

Команды пересылки данных занимают очень важное место в системе команд любого процессора. Они выполняют следующие важнейшие функции:

- загрузка (запись) содержимого во внутренние регистры процессора;
- сохранение в памяти содержимого внутренних регистров процессора;
- копирование содержимого из одной области памяти в другую;
- запись в устройства ввода/вывода и чтение из устройств ввода/вывода.

В некоторых процессорах (например, T-11) все эти функции выполняются одной единственной командой MOV (для байтовых пересылок — MOVB) но с различными методами адресации операндов.

В других процессорах помимо команды MOV имеется еще несколько команд для выполнения перечисленных функций. Например, для загрузки регистров могут использоваться команды загрузки, причем для разных регистров — разные команды (их обозначения обычно строятся с использованием слова LOAD — загрузка). Часто выделяются специальные команды для сохранения в стеке и для извлечения из стека ( PUSH — сохранить в стеке, POP — извлечь из стека). Эти команды выполняют пересылку с автоинкрементной и с автодекрементной адресацией (даже если эти режимы адресации не предусмотрены в процессоре в явном виде).

Иногда в систему команд вводится специальная команда MOVS для строчной (или цепочечной) пересылки данных (например, в процессоре 8086). Эта команда пересылает не одно слово или байт, а заданное количество слов или байтов (MOVSB), то есть инициирует не один цикл обмена по магистрали, а несколько. При этом адрес памяти, с которым происходит взаимодействие, увеличивается на 1 или на 2 после каждого обращения или же уменьшается на 1 или на 2 после каждого обращения. То есть в неявном виде применяется автоинкрементная или автодекрементная адресация.

В некоторых процессорах (например, в процессоре 8086) специально выделяются функции обмена с устройствами ввода/вывода. Команда IN используется для ввода (чтения) информации из устройства ввода/вывода, а команда OUT используется для вывода (записи) в устройство ввода/вывода. Обмен информацией в этом случае производится между регистром-аккумулятором и устройством ввода/вывода. В более продвинутых процессорах этого же семейства (начиная с процессора 80286) добавлены команды строчного (цепочечного) ввода (команда INS) и строчного вывода (команда OUTS). Эти команды позволяют пересылать целый массив (строку) данных из памяти в устройство ввода/вывода (OUTS) или из устройства ввода/вывода в память (INS). Адрес памяти после каждого обращения увеличивается или уменьшается (как и в случае с командой MOVS).

Также к командам пересылки данных относятся команды обмена информацией (их обозначение строится на основе слова Exchange). Может быть предусмотрен обмен информацией между внутренними регистрами, между двумя половинами одного регистра (SWAP) или между регистром и ячейкой памяти.

#### Арифметические команды

Арифметические команды рассматривают коды операндов как числовые двоичные или двоично-десятичные коды. Эти команды могут быть разделены на пять основных групп:

команды операций с фиксированной запятой (сложение, вычитание, умножение, деление);

команды операций с плавающей запятой (сложение, вычитание, умножение, деление);

команды очистки;

команды инкремента и декремента;  
команда сравнения.

Команды операций с фиксированной запятой работают с кодами в регистрах процессора или в памяти как с обычными двоичными кодами. Команда сложения ( ADD ) вычисляет сумму двух кодов. Команда вычитания ( SUB ) вычисляет разность двух кодов. Команда умножения ( MUL ) вычисляет произведение двух кодов (разрядность результата вдвое больше разрядности сомножителей). Команда деления ( DIV ) вычисляет частное от деления одного кода на другой. Причем все эти команды могут работать как с числами со знаком, так и с числами без знака.

Команды операций с плавающей запятой (точкой) используют формат представления чисел с порядком и мантиссой (обычно эти числа занимают две последовательные ячейки памяти). В современных мощных процессорах набор команд с плавающей запятой не ограничивается только четырьмя арифметическими действиями, а содержит и множество других более сложных команд, например, вычисление тригонометрических функций, логарифмических функций, а также сложных функций, необходимых при обработке звука и изображения.

Команды очистки ( CLR ) предназначены для записи нулевого кода в регистр или ячейку памяти. Эти команды могут быть заменены командами пересылки нулевого кода, но специальные команды очистки обычно выполняются быстрее, чем команды пересылки. Команды очистки иногда относят к группе логических команд, но суть их от этого не меняется.

Команды инкремента (увеличения на единицу, INC ) и декремента (уменьшения на единицу, DEC ) также бывают очень удобны. Их можно в принципе заменить командами суммирования с единицей или вычитания единицы, но инкремент и декремент выполняются быстрее, чем суммирование и вычитание. Эти команды требуют одного входного операнда, который одновременно является и выходным операндом.

Наконец, команда сравнения (обозначается CMP ) предназначена для сравнения двух входных операндов. По сути, она вычисляет разность этих двух операндов, но выходного операнда не формирует, а всего лишь изменяет биты в регистре состояния процессора ( PSW ) по результату этого вычитания. Следующая за командой сравнения команда (обычно это команда перехода ) будет анализировать биты в регистре состояния процессора и выполнять действия в зависимости от их значений (о командах перехода речь идет в разделе 3.3.4). В некоторых процессорах предусмотрены команды цепочечного сравнения двух последовательностей операндов, находящихся в памяти (например, в процессоре 8086 и совместимых с ним).

### Логические команды

Логические команды выполняют над операндами логические (побитовые) операции, то есть они рассматривают коды операндов не как единое число, а как набор отдельных битов. Этим они отличаются от арифметических команд. Логические команды выполняют следующие основные операции:

логическое И, логическое ИЛИ, сложение по модулю 2 (Исключающее ИЛИ);

логические, арифметические и циклические сдвиги;  
проверка битов и операндов;  
установка и очистка битов (флагов) регистра состояния процессора ( PSW ).

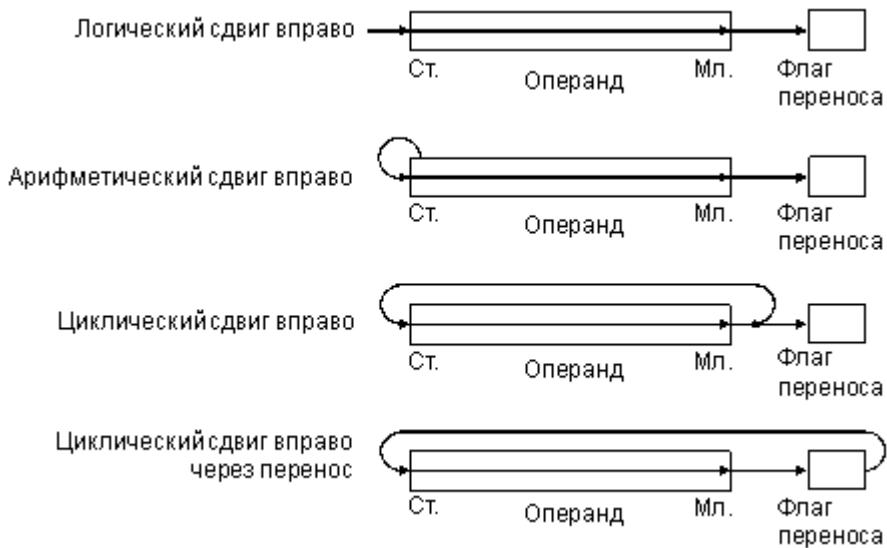
Команды логических операций позволяют побитно вычислять основные логические функции от двух входных операндов. Кроме того, операция И ( AND ) используется для принудительной очистки заданных битов (в качестве одного из операндов при этом используется код маски, в котором разряды, требующие очистки, установлены в нуль). Операция ИЛИ ( OR ) применяется для принудительной установки заданных битов (в качестве одного из операндов при этом используется код маски, в котором разряды, требующие установки в единицу, равны единице). Операция "Исключающее ИЛИ" ( XOR ) используется для инверсии заданных битов (в качестве одного из операндов при этом применяется код маски, в котором биты, подлежащие инверсии, установлены в единицу). Команды требуют двух входных операндов и формируют один выходной operand.

Команды сдвигов позволяют побитно сдвигать код операнда вправо (в сторону младших разрядов) или влево (в сторону старших разрядов). Тип сдвига (логический, арифметический или циклический) определяет, каково будет новое значение старшего бита (при сдвиге вправо) или младшего бита (при сдвиге влево), а также определяет, будет ли где-то сохранено прежнее значение старшего бита (при сдвиге влево) или младшего бита (при сдвиге вправо). Например, при логическом сдвиге вправо в старшем разряде кода операнда устанавливается нуль, а младший разряд записывается в качестве флага переноса в регистр состояния процессора. А при арифметическом сдвиге вправо значение старшего разряда сохраняется прежним (нулем или единицей), младший разряд также записывается в качестве флага переноса.

Циклические сдвиги позволяют сдвигать биты кода операнда по кругу (по часовой стрелке при сдвиге вправо или против часовой стрелки при сдвиге влево). При этом в кольцо сдвига может входить или не входить флаг переноса. В бит флага переноса (если он используется) записывается значение старшего бита при циклическом сдвиге влево и младшего бита при циклическом сдвиге вправо. Соответственно, значение бита флага переноса будет переписываться в младший разряд при циклическом сдвиге влево и в старший разряд при циклическом сдвиге вправо.

Для примера на рисунке показаны действия, выполняемые командами сдвигов вправо.

Команды проверки битов и операндов предназначены для установки или очистки битов регистра состояния процессора в зависимости от значения выбранных битов или всего операнда в целом. Выходного операнда команды не формируют. Команда проверки операнда ( TST ) проверяет весь код операнда в целом на равенство нулю и на знак (на значение старшего бита), она требует только одного входного операнда. Команда проверки бита ( BIT ) проверяет только отдельные биты, для выбора которых в качестве второго операнда используется код маски. В коде маски проверяемым битам основного операнда должны соответствовать единичные разряды.



### Команды сдвигов вправо.

Наконец, команды установки и очистки битов регистра состояния процессора (то есть флагов) позволяют установить или очистить любой флаг, что бывает очень удобно. Каждому флагу обычно соответствуют две команды, одна из которых устанавливает его в единицу, а другая сбрасывает в нуль. Например, флагу переноса С (от Carry) будут соответствовать команды CLC (очистка) и SEC или STC (установка).

### Команды переходов

Команды переходов предназначены для организации всевозможных циклов, ветвлений, вызовов подпрограмм и т.д., то есть они нарушают последовательный ход выполнения программы. Эти команды записывают в регистр-счетчик команд новое значение и тем самым вызывают переход процессора не к следующей по порядку команде, а к любой другой команде в памяти программ. Некоторые команды переходов предусматривают в дальнейшем возврат назад, в точку, из которой был сделан переход, другие не предусматривают этого. Если возврат предусмотрен, то текущие параметры процессора сохраняются в стеке. Если возврат не предусмотрен, то текущие параметры процессора не сохраняются.

Команды переходов без возврата делятся на две группы:

команды безусловных переходов;

команды условных переходов.

В обозначениях этих команд используются слова Branch (ветвление) и Jump (прыжок).

Команды безусловных переходов вызывают переход в новый адрес независимо ни от чего. Они могут вызывать переход на указанную величину смещения (вперед или назад) или же на указанный адрес памяти. Величина смещения или новое значение адреса указываются в качестве входного операнда.

Команды условных переходов вызывают переход не всегда, а только при выполнении заданных условий. В качестве таких условий обычно выступают значения флагов в регистре состояния процессора (PSW). То есть условием перехода является результат предыдущей операции, меняющей значения флагов.

Всего таких условий перехода может быть от 4 до 16. Несколько примеров команд условных переходов:

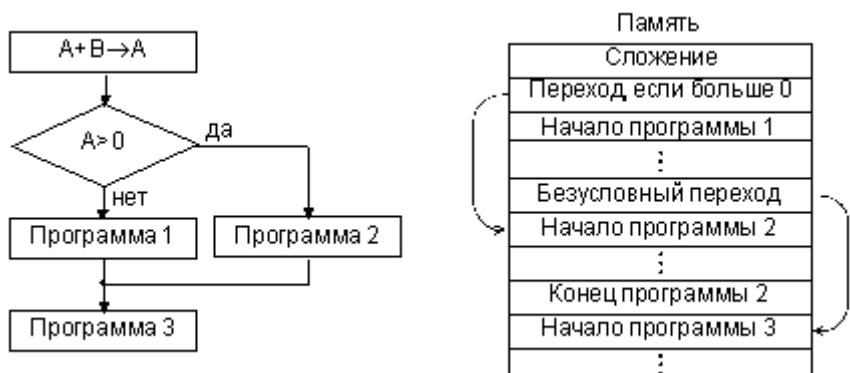
- переход, если равно нулю;
- переход, если не равно нулю;
- переход, если есть переполнение;
- переход, если нет переполнения;
- переход, если больше нуля;
- переход, если меньше или равно нулю.

Если условие перехода выполняется, то производится загрузка в регистр-счетчик команд нового значения. Если же условие перехода не выполняется, счетчик команд просто наращивается, и процессор выбирает и выполняет следующую по порядку команду.

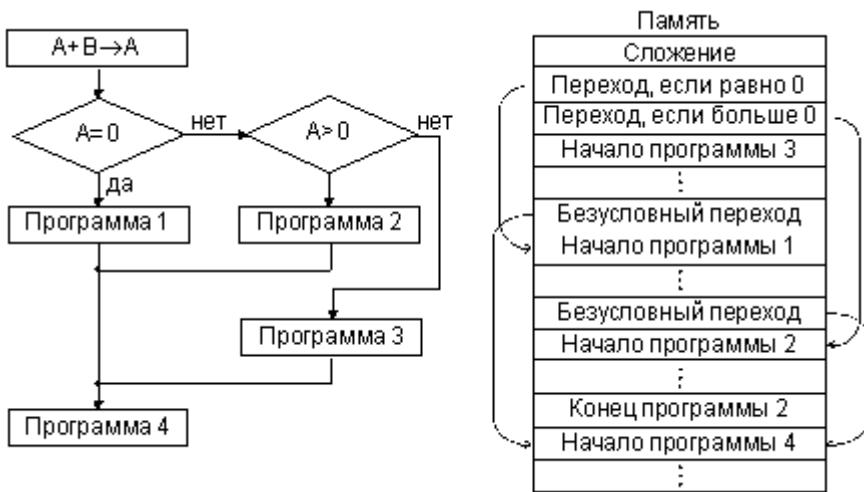
Специально для проверки условий перехода применяется команда сравнения ( СМР ), предшествующая команде условного перехода (или даже нескольким командам условных переходов). Но флаги могут устанавливаться и любой другой командой, например командой пересылки данных, любой арифметической или логической командой. Отметим, что сами команды переходов флаги не меняют, что как раз и позволяет ставить несколько команд переходов одну за другой.

Совместное использование нескольких команд условных и безусловных переходов позволяет процессору выполнять разветвленные алгоритмы любой сложности. Для примера на рисунке показано разветвление программы на две ветки с последующим соединением, а на рисунке — разветвление на три ветки с последующим соединением.

Команды переходов с дальнейшим возвратом в точку, из которой был произведен переход, применяются для выполнения подпрограмм, то есть вспомогательных программ. Эти команды называются также командами вызова подпрограмм (распространенное название — CALL ). Использование подпрограмм позволяет упростить структуру основной программы, сделать ее более логичной, гибкой, легкой для написания и отладки. В то же время надо учитывать, что широкое использование подпрограмм, как правило, увеличивает время выполнения программы.



Реализация разветвления на две ветки.



Реализация разветвления на три ветки.

Все команды переходов с возвратом предполагают безусловный переход (они не проверяют никаких флагов). При этом они требуют одного входного операнда, который может указывать как абсолютное значение нового адреса, так и смещение, складываемое с текущим значением адреса. Текущее значение счетчика команд (текущий адрес) сохраняется перед выполнением перехода в стеке.

Для обратного возврата в точку вызова подпрограммы (точку перехода) используется специальная команда возврата (RET или RTS). Эта команда извлекает из стека значение адреса команды перехода и записывает его в регистр-счетчик команд.

Особое место среди команд перехода с возвратом занимают команды прерываний (распространенное название — INT). Эти команды в качестве входного операнда требуют номер прерывания (адрес вектора). Обслуживание таких переходов осуществляется точно так же, как и аппаратных прерываний. То есть для выполнения данного перехода процессор обращается к таблице векторов прерываний и получает из нее по номеру прерывания адрес памяти, в который ему необходимо перейти. Адрес вызова прерывания и содержимое регистра состояния процессора (PSW) сохраняются в стеке. Сохранение PSW — важное отличие команд прерывания от команд переходов с возвратом.

Команды прерываний во многих случаях оказываются удобнее, чем обычные команды переходов с возвратом. Сформировать таблицу векторов прерываний можно один раз, а потом уже обращаться к ней по мере необходимости. Номер прерывания соответствует номеру подпрограммы, то есть номеру функции, выполняемой подпрограммой. Поэтому команды прерывания гораздо чаще включаются в системы команд процессоров, чем обычные команды переходов с возвратом.

Для возврата из подпрограммы, вызванной командой прерывания, используется команда возврата из прерывания (IRET или RTI). Эта команда извлекает из стека сохраненное там значение счетчика команд и регистра состояния процессора (PSW).

Отметим, что у некоторых процессоров предусмотрены также команды условных прерываний, например, команда прерывания при переполнении.

Конечно, в данном разделе мы рассмотрели только основные команды, наиболее часто встречающиеся в процессорах. У конкретных процессоров могут быть и многие другие команды, не относящиеся к перечисленным группам команд. Но изучать их надо уже после того, как выбран тип процессора, подходящий для задачи, решаемой данной микропроцессорной системой.

### Быстродействие процессора

Быстродействие процессора — это одна из важнейших его характеристик, определяющая эффективность работы всей микропроцессорной системы в целом. Быстродействие процессора зависит от множества факторов, что затрудняет сравнение быстродействия даже разных процессоров внутри одного семейства, не говоря уже о процессорах разных фирм и разного назначения.

Выделим важнейшие факторы, влияющие на быстродействие процессора.

Прежде всего, быстродействие зависит от тактовой частоты процессора. Все операции внутри процессора выполняются синхронно, тактируются единым тактовым сигналом. Понятно, что чем больше тактовая частота, тем быстрее работает процессор, причем, например, двукратное увеличение тактовой частоты какого-то процессора снижает вдвое время выполнения команд этим процессором.

Однако надо учитывать, что разные процессоры выполняют одинаковые команды за разное количество тактов, причем количество тактов, затрачиваемых на команду, может изменяться от одного такта до десятков или даже сотен. В некоторых процессорах за счет распараллеливания микроопераций на команду тратится даже меньше одного такта.

Количество тактов, затрачиваемых на выполнение команды, зависит от сложности этой команды и от методов адресации operandов. Например, быстрее всего (за меньшее число тактов) выполняются команды пересылки данных между внутренними регистрами процессора. Медленнее всего (за большое число тактов) выполняются сложные арифметические команды с плавающей запятой, operandы которых хранятся в памяти.

Первоначально для количественной оценки производительности процессоров применялась единица измерения MIPS (Mega Instruction Per Second), соответствовавшая количеству миллионов выполняемых инструкций (команд) за секунду. Естественно, изготовители микропроцессоров старались ориентироваться на самые быстрые команды. Понятно, что подобный показатель не слишком удачен. Для измерения производительности при выполнении вычислений с плавающей запятой (точкой) чуть позже была предложена единица FLOPS (Floating point Operations Per Second), но она по определению узкоспециальная, так как в некоторых системах операции с плавающей запятой просто не используются.

Другой аналогичный показатель быстродействия процессора — время выполнения коротких (быстрых) операций. Для примера в таблице 3.1 представлены показатели быстродействия нескольких 8-разрядных и 16-разрядных процессоров. В настоящее время этот показатель практически не используется, как и MIPS.

Время выполнения команд — важный, но далеко не единственный фактор, определяющий быстродействие. Большое значение имеет также структура

системы команд процессора. Например, некоторым процессорам для выполнения какой-то операции понадобится одна команда, а другим процессорам — несколько команд. Какие-то процессоры имеют систему команд, позволяющую быстро решать задачи одного типа, а какие-то — задачи другого типа. Важны и методы адресации, разрешенные в данном процессоре, и наличие сегментирования памяти, и способы взаимодействия процессора с устройствами ввода/вывода и т.д.

Существенно влияет на быстродействие системы в целом и то, как процессор "общается" с памятью команд и памятью данных, применяется ли совмещение выборки команд из памяти с выполнением ранее выбранных команд.

Таблица 3.1. Параметры некоторых процессоров.

Процессор	8085	6800	68000	8086
Фирма	Intel	Motorola	Motorola	Intel
Разрядность	8	8	16	16
Количество команд	80	72	61	133
Тактовая частота, МГц	3	1	8	5
Время выполнения коротких операций, мкс	1,3	2	0,5	0,4

Быстродействие системы в целом определяется также и разрядностью процессора. Например, 8-разрядный процессор будет медленнее пересыпать и обрабатывать большие массивы данных, чем 16-разрядный процессор. Точно также 16-разрядный процессор будет значительно медленнее работать с большими числами (большими, чем 65536), чем 32-разрядный процессор.

При высокой сложности решаемых задач быстродействие системы зависит и от общего объема системной памяти. Ведь если системной памяти мало, системе приходится сохранять данные во внешней памяти (например, на магнитном диске), а это очень сильно (на несколько порядков) замедляет работу. Так что разрядность шины адреса процессора тоже важна.

Поэтому количественные показатели производительности процессоров очень условны, они лишь косвенно характеризуют быстродействие системы на базе этого процессора. Тем не менее, некоторые производители предлагают количественные показатели для своих процессоров, которые характеризуют время выполнения специально составленных тестовых программ, содержащих самые различные команды в тех или иных соотношениях.

Так, для сравнения производительности 32-разрядных процессоров фирма Intel, производящая процессоры для персональных компьютеров, в 1992 году предложила свою единицу измерения iCOMP Index (Intel COnparative Microprocessor Performance). Для вычисления этого показателя используется смесь 16- и 32-битных целочисленных команд, команд с плавающей точкой, команд обработки графики и видео. В качестве базового взят процессор i486SX-25, чей индекс принят равным 100. В Таблице 3.2 приведены индексы iCOMP для некоторых процессоров фирмы Intel. Как видно из таблицы, за счет более развитой архитектуры процессоры семейства 486 всегда быстрее процессоров семейства 386, а любой Pentium быстрее любого процессора из семейства 486. Тактовая частота (указана в таблице через черточку) определяет производительность только в пределах одного семейства. В 1996 году разработчиками Intel был предложен другой показатель — iCOMP Index 2.0, для вычисления которого не используются 16-разрядные команды, зато введен мультимедийный тест, а за базу взят Pentium-120, чей индекс принят равным 100. В таблице 3.3 представлены эти показатели для некоторых типов процессоров Intel.

При этом надо учитывать, что измерения проводятся в составе системы, настроенной на максимальное быстродействие именно данных процессоров, и только самой фирмой Intel.

Ценность этих показателей и всех им подобных не слишком велика. Для конкретного компьютера и разных процессоров величина показателя может предоставить вполне объективные данные, позволяющие оценить, например, целесообразность замены процессора на более мощный. Но усредненность показателей iCOMP не позволяет точно сказать, как будет себя вести процессор в различных задачах, которые ориентированы на преимущественное использование разных типов команд.

Таблица 3.2. Индексы производительности iCOMP.

i486SX-25	100	i486DX4-100	435
i386DX-33	56	Pentium-60	510
i486SX-33	136	Pentium-100	815
i486DX2-66	297	Pentium-133	1110

Точная оценка быстродействия процессора возможна только в составе конкретной системы при решении определенной задачи. Но все перечисленные здесь факторы можно и нужно учитывать при выборе процессора. А количественные показатели помогают сделать выбор.

**Регистр процессора** — сверхбыстрая оперативная память внутри процессора, предназначенная прежде всего для хранения промежуточных результатов вычисления.

Регистр представляет собой цифровую электронную схему, служащую для временного хранения двоичных чисел. В процессоре имеется значительное количество регистров, большая часть которых используется самим процессором и недоступна программисту (например, при выборке из памяти очередной команды она помещается в регистр команд, и программист обратиться к этому регистру не может). Имеются также регистры, которые в принципе программно доступны, но обращение к ним осуществляется из программ операционной системы (например, управляющие регистры и теневые регистры дескрипторов сегментов). Этими регистрами пользуются в основном разработчики операционных систем.

РОН (регистр общего назначения) или содержащая данные, необходимые для работы процессора — смещения базовых таблиц, уровни доступа и т. д. (специальные регистры).

## **II. Регистры процессора.**

РОН представляют собой часть регистров процессора, использующихся без ограничения в арифметических операциях, но имеющие определенные ограничения, например в строковых.

Доступ к значениям, хранящимся в регистрах, как правило, в несколько раз быстрее, чем доступ к ячейкам оперативной памяти (даже если кеш-память содержит нужные данные), но объём оперативной памяти намного превосходит суммарный объём регистров (объём среднего модуля оперативной памяти сегодня составляет 1-4 Гб[4], суммарная «ёмкость» регистров общего назначения/данных для процессора Intel 80x86 16 битов \* 4 = 64 бита (8 байт)).

### **Классификация регистров.**

По типу *приёма* и выдачи информации различают 2 типа регистров:

- С последовательным приёмом и выдачей информации — сдвиговые регистры.
- С параллельным приёмом и выдачей информации — параллельные регистры.

По *назначению* регистры различаются на:

- аккумулятор — используется для хранения промежуточных результатов арифметических и логических операций и инструкций ввода-вывода;
- флаговые — хранят признаки результатов арифметических и логических операций;
- общего назначения — хранят операнды арифметических и логических выражений, индексы и адреса;
- индексные — хранят индексы исходных и целевых элементов массива;
- указательные — хранят указатели на специальные области памяти (указатель текущей операции, указатель базы, указатель стека);
- сегментные — хранят адреса и селекторы сегментов памяти;

- управляющие — хранят информацию, управляющую состоянием процессора, а также адреса системных таблиц.

Процессор Intel x86 после включения питания оказывается в так называемом режиме реальной адресации памяти. Большинство операционных систем переводят его в защищенный режим, позволяющий им обеспечивать многозадачность, распределение памяти и другие функции. Пользовательские программы в таких ОС работают в режиме V86, из которого им доступно все то же, что и из реального режима, кроме команд, относящихся к управлению защищенным режимом. Так как ОС мы проектировать не собираемся, то дальше мы будем рассматривать все то, что доступно программисту в режиме V86, то есть в подавляющем большинстве случаев.

Начиная с 80386 процессоры Intel предоставляют 16 основных регистров для пользовательских программ плюс еще 11 регистров для работы с мультимедийными приложениями (MMX(Multimedia Extension)) и числами с плавающей запятой (FPU/NPX (Float Point Unit / Numerical Processor Extension)). Все команды так или иначе изменяют значения регистров, и всегда быстрее и удобнее обращаться к регистру, чем к памяти.

Из реального (но не из виртуального) режима помимо основных регистров доступны так же регистры управления памятью (GDTR, IDTR, TR, LDTR), регистры управления (CR0, CR1 – CR4), отладочные регистры (DR0 – DR7) и машинно-специфичные регистры, но они не применяются для решения повседневных задач.

### **Регистры общего назначения.**

32-битные регистры EAX (аккумулятор), EBX (база), ECX (счетчик), EDX (регистр данных) могут использоваться без ограничений для любых целей – временного хранения данных, аргументов или результатов различных операций. Название регистров происходит от того, что некоторые команды применяют их специальным образом: так, аккумулятор часто необходим для хранения результата действий, выполняемых над двумя операндами, регистр данных в этих случаях получает старшую часть результата, если он не умещается в аккумулятор, регистр счетчик работает как счетчик в циклах и строковых операциях, а регистр-база – при так называемой адресации по базе. Младшие 16 бит каждого из этих регистров применяются как самостоятельные регистры с именами AX, BX, CX, DX. На самом деле в процессорах 8086-80286 все регистры были 16-битными и назывались именно так, а в 32-битные EAX-EDX появились с введением 32-битной архитектуры в 80386. Кроме этого, отдельные байты в 16-битных регистрах AX – DX тоже могут использоваться как 8-битные регистры и иметь свои имена. Старшие байты этих регистров называются AH, BH, CH, DH, а младшие – AL, BL, CL, DL (см. рис. 1).

Остальные четыре регистра – ESI (индекс источника), EDI (индекс приемника), EBP (указатель базы), ESP (указатель стека) - имеют более конкретное назначение и применяются для хранения всевозможных временных переменных. Регистры ESI и EDI необходимы в строковых операциях, EBP и ESP – при работе со стеком. Так же как в случае с регистрами EAX – EDX, младшие

половины этих четырех регистров называются SI, DI, BP и SP соответственно, и в процессорах до 80386 только они и присутствовали.

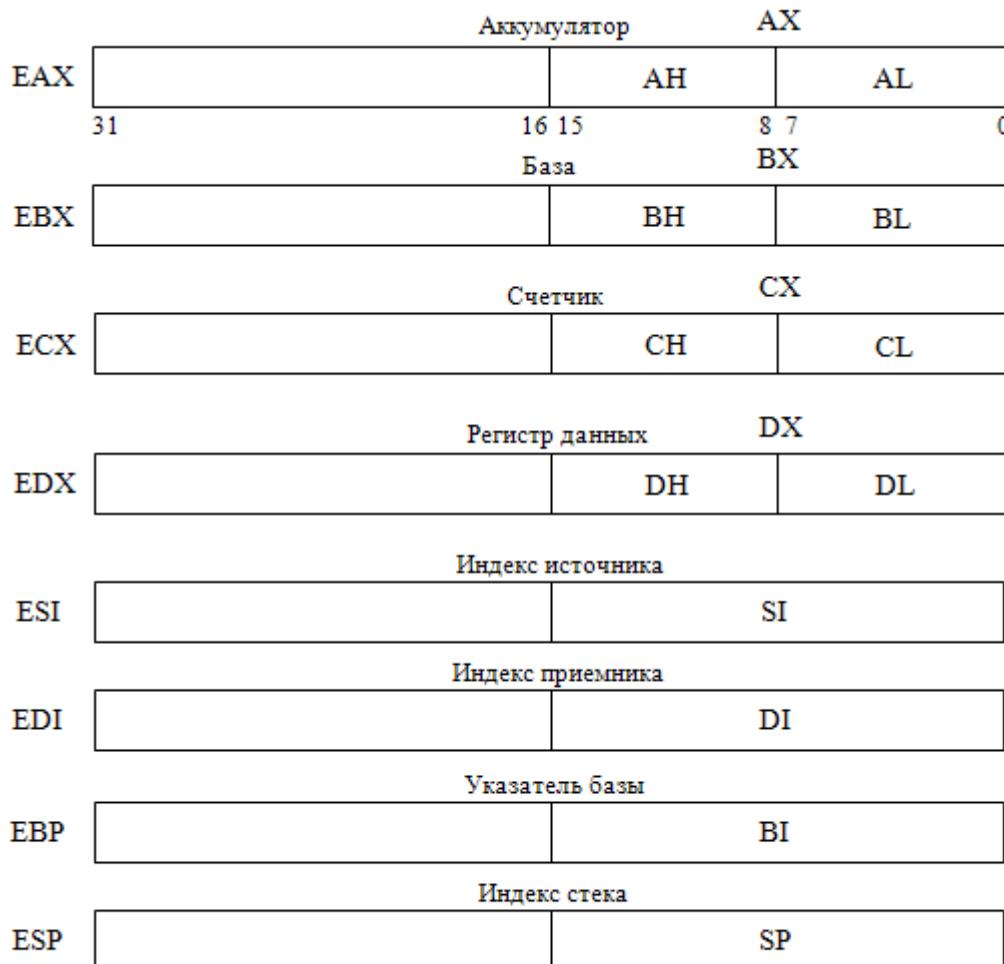


Рис. 1. Регистры общего назначения

### Сегментные регистры.

При использовании сегментированных моделей памяти для формирования любого адреса нужны два числа – адрес начала сегмента и смещение искомого байта относительно этого начала (в бессегментной модели памяти flat адреса начала всех сегментов равны). Операционные системы (кроме DOS) могут размещать сегменты, с которыми работает программа пользователя, в разных местах памяти и даже временно записывать их на диск, если памяти не хватает. Так как сегменты способны оказаться где угодно, программа обращается к ним, применяя вместо настоящего адреса начала сегмента 16-битное число, называемое селектором. В процессорах Intel предусмотрены шесть 16-битных регистров – CS, DS, ES, FS, GS, SS, где хранятся селекторы. Это означает, что в любой момент можно изменить параметры, записанные в этих регистрах.

В отличие от DS, ES, GS, FS, которые называются регистрами сегментов данных, CS и SS отвечают за сегменты двух особенных типов – сегмента кода и сегмент стека. Первый содержит программу, исполняющуюся в данный момент, следовательно, запись нового селектора в этот регистр приводит к тому, что далее будет исполнена не следующая по тексту программы команда, а команда из кода,

находящегося в другом сегменте, с тем же смещением. Смещение очередной выполняемой команды всегда хранится в специальном регистре EIP (указатель инструкции, 16-битная форма IP), запись в который также приведет к тому, что далее будет исполнена какая-нибудь другая команда. На самом деле все команды передачи управления – перехода, условного перехода, цикла, вызова подпрограммы и т. п. – осуществляют эту самую запись в CS и EIP.

### Стек.

Стек – организованный специальным образом участок памяти, который используется для временного хранения переменных, передачи параметров вызываемым подпрограммам и сохранения адреса возврата при вызове процедур и прерываний. Легче всего представить стек в виде стопки листов бумаги (это одно из значений слова «stack» в английском языке) – вы можете класть и забирать листы только с вершины стопки. Поэтому, если записать в стек числа 1, 2, 3, то при чтении они окажутся в обратном порядке – 3, 2, 1. Стек располагается в сегменте памяти, описываемом регистром SS, и текущее смещение вершины стека отражено в регистре ESP, причем во время записи значение этого смещения уменьшается, то есть он «растет вниз» от максимально возможного адреса (см. рис. 2.). Такое расположение стека «вверх ногами» может быть необходимым, к примеру, в бессегментной модели памяти, когда все сегменты, включая сегменты стека и кода, занимают одну и ту же область – память целиком. Тогда программа исполняется в нижней области памяти, в области малых адресов, и EIP растет, а стек располагается в верхней области памяти, и ESP уменьшается. При вызове подпрограммы параметры в большинстве случаев помещают в стек, а в EBP записывают текущее значение ESP. Если подпрограмма использует стек для хранения локальных переменных, ESP изменится, но EBP можно будет использовать для того, чтобы считывать значения параметров напрямую из стека (их смещения запишутся как EBP + номер параметра).



Рис. 2. Стек

### Регистр флагов.

Еще один важный регистр, использующийся при выполнении большинства команд, - регистр флагов. Его младшие 16 бит, представлявшие собой весь этот регистр до процессора 80386, называются FLAGS. В Е FLAGS каждый бит является флагом, то есть устанавливается в 1 при определенных условиях или установка его в 1 изменяет поведение процессора. Все флаги, расположенные в старшем слове регистра, имеют отношение к управлению защищенным режимом, поэтому будем рассматривать только регистр FLAGS (см. рис. 3.).

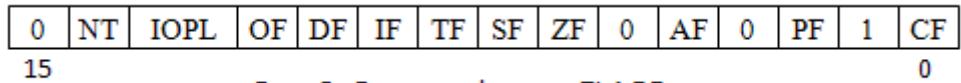


Рис. 3. Регистр флагов FLAGS

- CF – флаг переноса. Устанавливается в 1, если результат предыдущей операции не уместился в приемнике и произошел перенос старшего бита или если требуется заем (при вычитании), в противном случае – в 0. Например, после сложения слова 0FFFFh и 1, если регистр, в который надо поместить результат, - слово, в него будет записано 0000h и флаг CF=1.

- PF – флаг четности. Устанавливается в 1, если младший байт результата предыдущей команды содержит четное число битов, равных 1, и в 0, если нечетное. Это не тоже самое, что делимость на два. Число делится на 2 без остатка, если его самый младший бит равен нулю, и не делится, когда он равен 1.

- AF – флаг полупереноса или вспомогательного переноса. Устанавливается в 1, если в результате предыдущей операции произошел перенос (или заем) из третьего бита в четвертый. Этот флаг используется автоматически командами двоично-десятичной коррекции.

- ZF – флаг нуля. Устанавливается в 1, если результат предыдущей команды – ноль.

- SF – флаг знака. Он всегда равен старшему биту результата.

- TF – флаг ловушки. Он был предусмотрен для работы отладчиков, не использующих защищенный режим. Установка его в 1 приводит к тому, что после выполнения каждой программной команды управление временно передается отладчику (вызывается прерывание 1 – описание команды INT).

- IF – флаг прерываний. Сброс этого флага приводит к тому, что процессор перестает обрабатывать прерывания от внешних устройств (описание команды INT). Обычно его сбрасывают на короткое время для выполнения критических участков кода.

- DF – флаг направления. Он контролирует поведения команд обработки строк: когда он установлен в 1, строки обрабатываются в сторону уменьшения адресов, когда DF=0 – наоборот.

- OF – флаг переполнения. Он устанавливается в 1, если результат предыдущей арифметической операции над числами со знаком выходит за допустимые для них пределы. Например, если при сложении двух положительных чисел получается число со старшим битом, равным единице, то есть отрицательное, и наоборот.

Флаги IOPL (уровень привилегий ввода-вывода) и NT (вложенная задача) применяются в защищенном режиме.

## Лекция №7. Системные платы. Корпуса ПК. Блоки питания

Важнейшей частью и основой компьютера является материнская плата. Именно на ней расположены процессор, оперативная память, BIOS, чипсет, вспомогательные микросхемы и т. п. Материнская плата во многом определяет производительность и функциональные возможности компьютера, включая возможность модернизации. Высокие параметры материнских плат, а в конечном счете, и всей системы компьютера, достигаются за счет их постоянного совершенствования, основанного на использовании новейших компьютерных технологий.

Традиционно центральным элементом, характеризующим вычислительные возможности компьютера, является процессор, подключаемый к материнской плате посредством соответствующего разъема. Наибольшее распространение нашли разъемы следующих типов: для процессоров Pentium, Pentium MMX и аналогичных - Socket 7, для процессоров Celeron, Pentium II, Pentium III в зависимости от их исполнения - Slot 1 или Socket 370, для процессоров Pentium II Xeon, Pentium III Xeon - Slot 2, для процессоров типа AMD Athlon, AMD Duron, AMD ThunderBird - Slot A или Socket A. При этом с увеличением доли процессоров, подключаемых через разъемы типа Socket, нарашивается выпуск соответствующих материнских плат. Преемственность технологий и возможность модернизации компьютеров, созданных на основе материнских плат с разъемами Slot 1/Slot A, обеспечивается за счет использования соответствующих Socket-процессоров с помощью специальных плат-переходников.

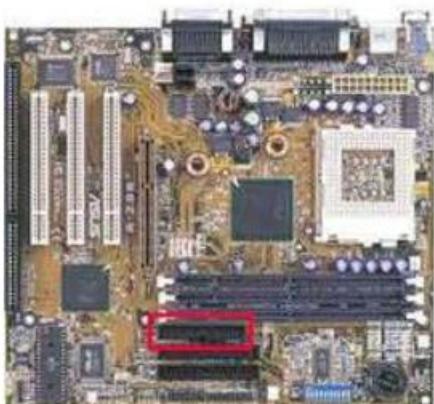
### Основные характеристики материнской платы

1. Поддерживаемые процессоры. Каждый процессор характеризуется определенным набором параметров. Важнейшими являются тактовые частоты — внутренние и внешние, напряжение питания — одно или несколько, величины напряжений и т. д. Процессоры имеют определенные конструктивные отличия, тесно связанные с особенностями их внутренней структуры. Обычно для идентификации процессора достаточны следующие данные: фирма-изготовитель процессора; тип процессора, например Pentium, Pentium II/III, AMD Athlon и т. д.; разъем подключения (Socket 7, Slot 1, Socket 370 и т. д.); внешняя и внутренняя частота.

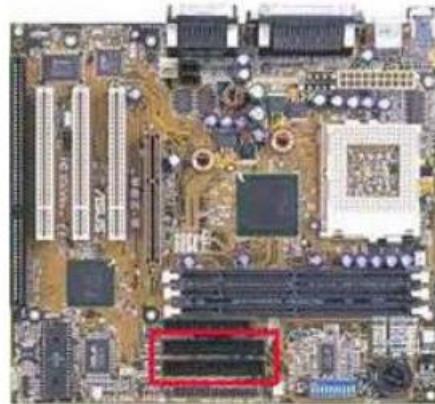
2. Чипсет. В настоящее время на материнских платах используются самые разные чипсеты, которые влияют как на производительность материнской платы и ее функциональные возможности, так и на стоимость платы, а в конечном счете, на цену компьютера. Набор микросхем или чипсет, на базе которого строится материнская плата. Чипсет — самые большие (после процессора) микросхемы в компьютере, и самые большие из припаянных к материнской плате. Какие функции выполняет чипсет? Чипсет обеспечивает связь между основными узлами,

расположенными на материнской плате, в первую очередь между процессором и памятью. Поэтому, естественно, от чипсета так же зависит производительность компьютера в целом, т.к. если, к примеру, чипсет медленно работает с памятью, то и система работает медленнее, нежели система с тем же процессором и памятью, но другим, более быстро работающим с памятью чипсетом. Но функция связывания всех компонентов в единую систему не единственная функция чипсета. Кроме того, современный чипсет содержит целый ряд основных, базовых контроллеров различных устройств, подключаемых к материнской плате.

Контроллер дисковода (его называют FDC - Floppy Disk Controller, а сам дисковод FDD - Floppy Disk Drive), к нему можно подключить 2 дисковода;



Разъем для подключения дисковода

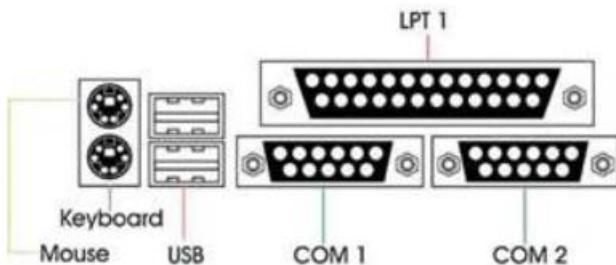


Разъемы для подключения жесткого диска

Контроллер жесткого диска (контроллер принято называть IDE Controller, а жесткий диск - HDD - Hard Disk Drive), причем встроенный в чипсет контроллер поддерживает 2 порта для подключения жестких дисков, а к каждому порту можно подключить по 2 диска, т.е. к стандартной материнской плате можно подключить до 4 жестких дисков.

Контроллер порта принтера (еще его называют параллельный порт или LPT порт). Как ясно из названия к этому порту подключают принтер, так же нередко в этот порт подключают сканер.

Коммуникационные порты (2 шт.), говорят так же о последовательных портах, COM - портах. К этим портам может подключаться мышь, модем (устройство для связи с другими компьютерами по телефонным линиям), некоторые экзотические принтеры (обычно от мобильных компьютеров) и т.д.



Контроллер клавиатуры и контроллер специального порта мыши. Разъем такого вида принято называть PS/2. Поэтому говорят о PS/2 порте мыши и клавиатуры. Контроллер Универсальной Последовательной Шины (USB, Universal Serial Bus). Это достаточно новая шина, и интересная тем, что позволяет к одному порту подключить последовательно 127 устройств! Но, при этом нужно отметить,

что текущая реализация USB в чипсетах обеспечивает весьма низкую скорость обмена с устройствами, но уже разработана новая версия шины USB, и в 2001 году она вероятно должна быть реализована в чипсетах. Обычно чипсет состоит из нескольких микросхем, чаще всего из двух. Эти микросхемы принято называть мостами (bridge). Одна микросхема обеспечивает связь компонентов системной платы, ее обычно называют Северным мостом (North bridge), другая микросхема называется Южным мостом (South bridge), она ответственна в первую очередь за интегрированные в чипсет контроллеры. Бывают и другие названия микросхем чипсета (Hub, хаб, но об этом, как ни будь позже). Бывают чипсеты состоящие также из 1, 3, 4 микросхем. От чипсета, на базе, которого построена материнская плата, зависят все возможности, которые плата предоставляет. В частности тип используемого процессора, тип и количество оперативной памяти зависят в первую очередь от чипсета. Итак, ясно, что чипсет является как бы сердцем материнской платы, и, безусловно, важнейшим ее компонентом.

3. Системные шины и частотные параметры. С помощью существующих перемычек на плате или средствами BIOS можно установить необходимые тактовые частоты процессора: внешнюю — для процессора и его шины (FSB), внутреннюю — для процессора и кэш-памяти L1, L2. Например, одни платы поддерживают 50, 60, 66 МГц, вторые — 66, 100 МГц, третьи осуществляют поддержку 100, 133 МГц. Ну а некоторые позволяют устанавливать не только стандартные частоты — это обычно 60, 66, 100, 133 МГц, соответствующие рекомендованным режимам, но и дополнительные частоты, позволяющие устанавливать форсированные режимы (overclocking).

4. Объем и тип внешней кэш-памяти (L2) для процессоров с разъемом Socket 7. От объема и типа кэш-памяти, как известно, зависит общая производительность ПК. Большинство материнских плат имеют объем кэш-памяти 512 Кбайт с возможностью расширения до 1 Мбайт или даже до 2 Мбайт.

5. Объем, тип и количество разъемов оперативной памяти. Большинство современных материнских плат позволяют установить как минимум память до 256 Мбайт DIMM SDRAM, а некоторые — до 1 Гбайт и даже до 1,5 Гбайт.

6. Контроллеры и адAPTERы. Современные материнские платы уже включают в себя контроллеры жестких и гибких дисков, а некоторые из плат еще и аудио и видеоадAPTERы. С одной стороны, это обеспечивает компактность ПК и полное отсутствие каких-либо конфликтов между устройствами. С другой стороны — сложнее выполнить модернизацию.

7. Количество и типы разъемов (AGP, PCI, ISA, AMR) для плат контроллеров. Определяют количество и стандарт (AGP, PCI, ISA, AMR) подключения контроллеров, которые могут быть установлены в разъемы (слоты) материнской платы. Это определяет функциональные возможности ПК. Необходимое число и типы слотов зависят как от уже существующих на плате интегрированных контроллеров, так и от решаемых на ПК задач.

### Форм-факторы материнских плат

Материнские платы классифицируются по так называемому форм-фактору (Form Factor). Форм-фактор определяет не только размеры материнских плат, но и

ряд специфических характеристик, определяющих их функциональные и эксплуатационные свойства. При этом каждый формат требует соответствующего корпуса и блока питания. На сегодняшний день существует четыре преобладающих типоразмера материнских плат - AT, ATX, LPX и NLX.

### Форм-фактор AT

Форм-фактор AT делится на две, отличающиеся по размеру модификации - AT и Baby AT. Размер полноразмерной AT платы достигает до 12" в ширину, а это значит, что такая плата вряд ли поместится в большинство сегодняшних корпусов. Монтажу такой платы наверняка будет мешать отсек для дисководов и жестких дисков и блок питания. Кроме того, расположение компонентов платы на большом расстоянии друг от друга может вызывать некоторые проблемы при работе на больших тактовых частотах. Поэтому после материнских плат для процессора 386, такой размер уже не встречается. Таким образом единственны материнские платы, выполненные в форм-факторе AT, доступные в широкой продаже, это платы соответствующие форматы Baby AT. Размер платы Baby AT 8.5" в ширину и 13" в длину. Почти все имеют последовательные и параллельные порты, присоединяемые к материнской плате через соединительные планки. Они также имеют один разъем клавиатуры типа DIN5, впаянный на плату в задней части. Гнездо под процессор устанавливается на передней стороне платы. Слоты SIMM и DIMM находятся в различных местах, хотя почти всегда они расположены в верхней части материнской платы.



Сегодня этот формат плавно сходит со сцены. Часть фирм еще выпускает некоторые свои модели в двух вариантах - Baby AT и более новом - ATX, но это происходит все реже и реже. Не говоря уже просто об удобстве работы - так, чаще всего на Baby AT платах все коннекторы собраны в одном месте, в результате чего либо кабели от коммуникационных портов тянутся практически через всю материнскую плату к задней части корпуса, либо от портов IDE и FDD - к передней. Гнезда для модулей памяти, заезжающие чуть ли не под блок питания. При ограниченности свободы действий внутри весьма небольшого пространства MiniTower, это, мягко говоря, неудобно. Вдобавок, неудачно решен вопрос с

охлаждением - воздух не поступает напрямую к самой нуждающейся в охлаждении части системы - процессору.

Достоинства:

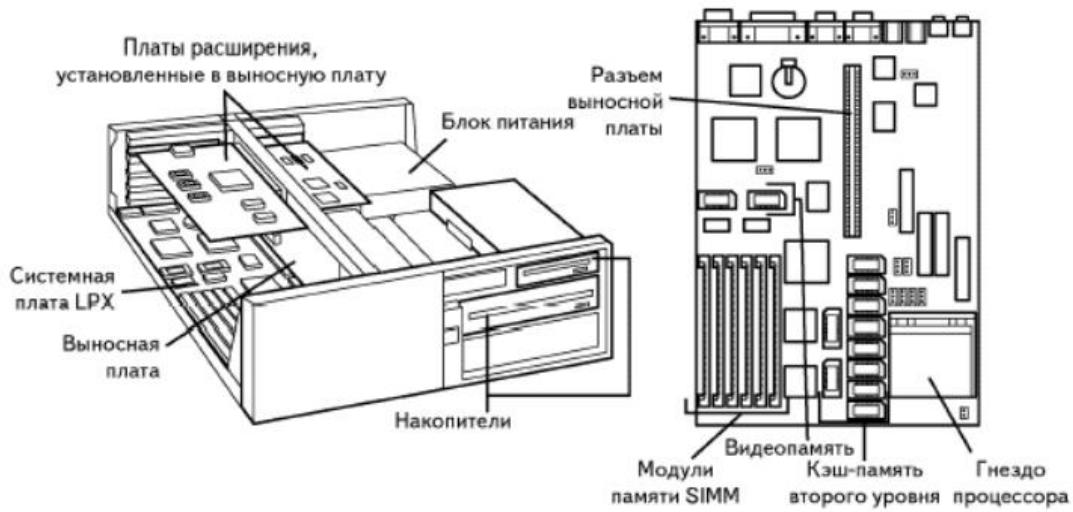
1. хорошо организованная стандартизация, широко развернутое производство позволяют использовать большой выбор корпусов и блоков питания;
2. простой и дешевый в производстве дизайн.

Недостатки:

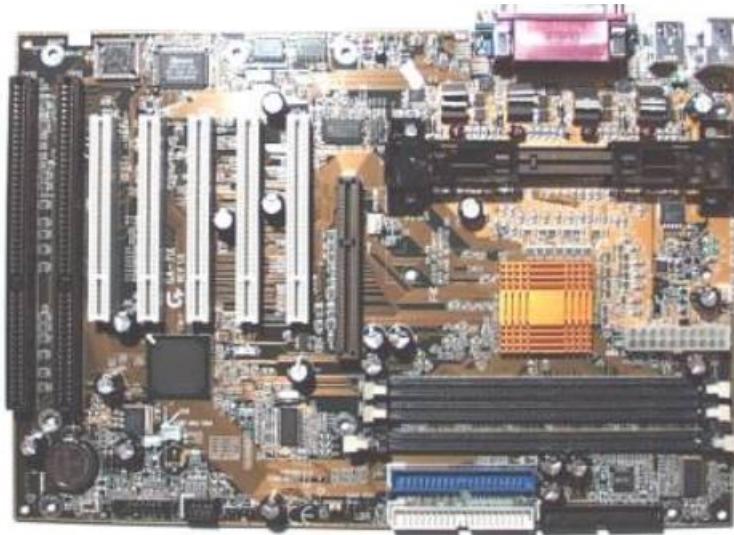
1. неэффективное охлаждение современных компонентов, может возникнуть потребность в дополнительных вентиляторах;
2. расположение процессора может вызвать проблемы с установкой плат расширения большой длины, например полноразмерных — 330x120 мм;
3. разъемы ввода/вывода подключаются к материнской плате посредством большого числа соответствующих кабелей имеющих несколько стандартов распайки.

### Форм-фактор LPX

Еще до появления ATX, первым результатом попыток снизить стоимость PC стал форм-фактор LPX. Предназначался для использования в маленьких корпусах для построения дешевых PC. Задача была решена путем довольно новаторского предложения - введения стойки. Вместо того, чтобы вставлять карты расширения непосредственно в материнскую плату, в этом варианте они помещаются в подключаемую к плате вертикальную стойку, параллельно материнской плате. Это позволило заметно уменьшить высоту корпуса, поскольку обычно именно высота карт расширения влияет на этот параметр. Расплатой за компактность стало максимальное количество подключаемых карт - 2-3 штуки. Еще одно нововведение, начавшее широко применяться именно на платах LPX - это интегрированный на материнскую плату видеочип. Размер корпуса для LPX оставляет 9 x 13", для Mini LPX - 8 x 10". Разумеется, этот форм фактор не был предназначен для широкой замены Baby AT в массовом PC: его предназначение - дешевые системы. Затем появился форм-фактор NLX, который начал вытеснять LPX.



Системная плата и корпус LPX



### Форм-фактор ATX

Неудивительно, что форм-фактор ATX во всех его модификациях стал популярным. Спецификация ATX, предложенная Intel еще в 1995 году, нацелена как раз на исправление всех тех недостатков, что выявились со временем у форм-фактора AT. А решение, по сути, было очень простым - повернуть Baby AT плату на 90 градусов, и внести соответствующие поправки в конструкцию. К тому моменту у Intel уже был опыт работы в этой области - форм-фактор LPX. В ATX как раз воплотились лучшие стороны и Baby AT и LPX: от Baby AT была взята расширяемость, а от LPX - высокая интеграция компонентов. Вот что получилось в результате:

\* Интегрированные разъемы портов ввода-вывода. На всех современных платах коннекторы портов ввода-вывода присутствуют на плате, поэтому вполне естественным выглядит решение расположить на ней и их разъемы, что приводит к довольно значительному снижению количества соединительных проводов внутри корпуса. К тому же, заодно среди традиционных параллельного и последовательного портов, разъема для клавиатуры, нашлось место и для новичков

- портов PS/2 и USB. Кроме всего, в результате несколько снизилась стоимость материнской платы, за счет уменьшения кабелей в комплекте.

\* Значительно увеличившееся удобство доступа к модулям памяти. В результате всех изменений гнезда для модулей памяти переехали дальше от слотов для материнских плат, от процессора и блока питания. В результате наращивание памяти стало в любом случае минутным делом, тогда как на Baby AT материнских платах порой приходится браться за отвертку.

\* Уменьшенное расстояние между платой и дисками. Разъемы контроллеров IDE и FDD переместились практически вплотную к подсоединяемым к ним устройствам. Это позволяет сократить длину используемых кабелей, тем самым повысив надежность системы.

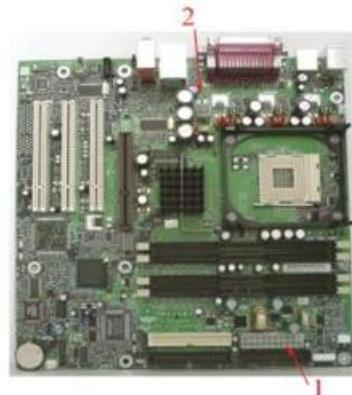
\* Разнесение процессора и слотов для плат расширения. Гнездо процессора перемещено с передней части платы на заднюю, рядом с блоком питания. Это позволяет устанавливать в слоты расширения полноразмерные платы - процессор им не мешает. К тому же, решилась проблема с охлаждением - теперь воздух, засасываемый блоком питания, обдувает непосредственно процессор.

Улучшено взаимодействие с блоком питания. Теперь используется один 20-контактный разъем, вместо двух, как на AT платах. Кроме того добавлена возможность управления материнской платой блоком питания - включение в нужное время или по наступлению определенного события, возможность включения с клавиатуры, отключение операционной системой, и т.д.

\* Напряжение 3.3 В. Теперь напряжение питания 3.3 В, весьма широко используемое современными компонентами системы, (взять хотя бы карты PCI) поступает из блока питания. В AT-платах для его получения использовался стабилизатор, установленный на материнской плате. В ATX-платах необходимость в нем отпадает.

Достоинства:

1. благодаря конструкции блока питания и расположению процессора и памяти обеспечивается эффективная система охлаждения элементов;
2. легкий доступ к памяти и процессору для модернизации;
3. фиксированное расположение разъемов устройств ввода/вывода на плате, отсутствие проблем при установке.



Недостатки:

1. необходимы специальные, более сложные и дорогие по сравнению с АТ блок питания и корпус;
2. сложный дизайн материнской платы, что сказывается на ее цене.

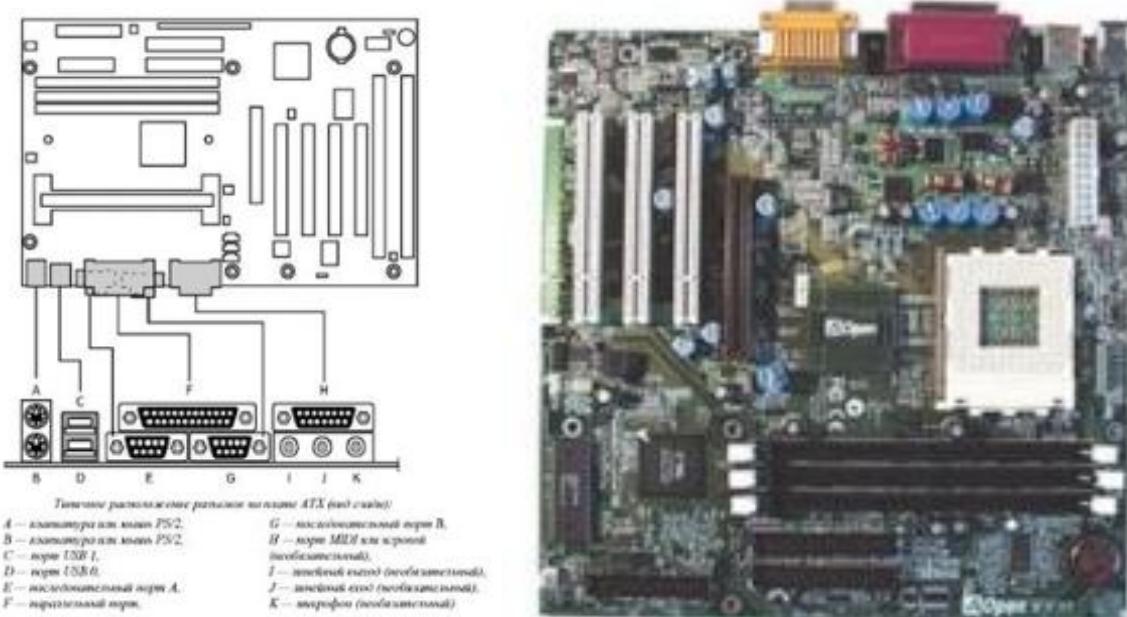
#### Рекомендованные цвета разъемов

Разъем	Цвет
Аналоговый VGA	Синий
Параллельный порт	Бордовый
Клавиатура PS/2	Фиолетовый
Мышь PS/2	Зеленый
Последовательный порт	Бирюзовый
Шина USB	Черный
Линейный вход аудио	Голубой
Линейный выход аудио	Салатный
Цифровой монитор	Белый
Шина IEEE 1394	Серый
Микрофон	Розовый
Разъем MIDI/Game	Золотистый
Колонки, сабвуфер	Оранжевый
Колонки	Коричневый
Выход видео	Желтый
SCSI, сеть, телефон, модем	Не определен

Для материнских плат для процессоров Pentium 4 стандарт ATX имеет отличие, он называется ATX 2.03 или ATX12V. Для таких плат отличается в первую очередь блок питания, он должен иметь соответствующие коннекторы для подключения к P4-плате. Законодателем мод (Intel) предписывается три разъема питания на плате для Pentium 4: «стандартный» ATX(позиция 1 на рисунках), «квадратный» 4-Pin ATX12V(позиция 2 на рисунке), и 5-pin «половина AT-

разъема» (AUXPWR)(позиция 3 на рисунке). Таким образом, если конструкцией платы не предусмотрена работа в случае если все необходимые коннекторы не подключены к разъемам питания, она просто откажется работать. Однако даже если жесткой блокировки запуска нет, угроза нестабильной работы все же остается. Некоторые платы вместо ATX12V и AUXPWR имеют разъём питания, который уже знаком Вам (используется при подключении стандартного HDD/CDROM), что снимает часть проблем со стабильностью питания. Таким образом, перед началом экспериментов имеет смысл выяснить, имеет ли вообще смысл их начинать: быть может, Ваша плата для Pentium 4 не будет работать с старым БП в любом случае.

Во исполнение требований спецификации PC99 в конструкции современных материнских плат используют цветные разъемы для подключения внешних устройств. Один из вариантов расположения разъемов ввода/вывода на материнской плате стандарта ATX с интегрированным аудио:



### Форм-фактор Micro ATX

Форм-фактор ATX разрабатывался еще в пору расцвета Socket 7 систем, и многое в нем сегодня несколько не соответствует времени. Например, типичная комбинация слотов, из расчета на которую составлялась спецификация, выглядела как 3 ISA/3 PCI/1 смежный. Несколько неактуально не сегодняшний день, не так ли? ISA, отсутствие AGP, AMR, и т.д. Опять же, в любом случае, 7 слотов не используются в 99 процентах случаев, особенно сегодня, с такими чипсетами как MVP4, SiS 620, i810, и прочими готовящимися к выпуску подобными продуктами. В общем, для дешевых PC ATX - пустая трата ресурсов. Исходя из подобных соображений в декабре 1997 года и была представлена спецификация формата micro ATX, модификация ATX платы, рассчитанная на 4 слота для плат расширения.

Достоинства:

1. меньший по сравнению с ATX размер, уменьшающий цену платы;

2. благодаря конструкции блока питания и расположению процессора и памяти обеспечивается эффективная система охлаждения;
3. легкий доступ к памяти и процессору;
4. разъемы I/O расположены на плате, что облегчает процесс сборки и настройки;
5. в качестве корпуса и блока питания могут использоваться стандартные ATX или меньшие по размеру Mini ATX.

Недостатки:

1. изменение размера повлекло за собой уменьшение количества слотов расширения;
2. сложный дизайн материнской платы, что сказывается на ее цене.

## Форм-фактор NLX

Форм-фактор NLX нацелен на применение в низкопрофильных корпусах. При ее создании брались во внимание как технические факторы (например, появление AGP и модулей DIMM, интеграция аудио/видео компонентов на материнской плате), так и необходимость обеспечить большее удобство в обслуживании. Так, для сборки/разборки многих систем на базе этого форм-фактора отвертка не требуется вообще.

Особенности NLX:

\* Стойка для карт расширения, находящаяся на правом краю платы. Причем материнская плата свободно отсоединяется от стойки и выдвигается из корпуса, например, для замены процессора или памяти.

\* Процессор, расположенный в левом переднем углу платы, прямо напротив вентилятора.

\* Вообще, группировка высоких компонентов, вроде процессора и памяти, в левом конце платы, чтобы позволить размещение на стойке полноразмерных карт расширения.

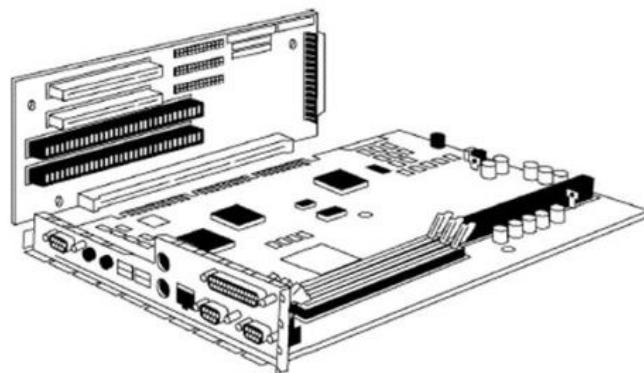
\* Нахождение на заднем конце платы блоков разъемов ввода/вывода одинарной (в области плат расширения) и двойной высоты, для размещения максимального количества коннекторов.

Вообще, стойка - очень интересная вещь. Фактически, это одна материнская плата, разделенная на две части - часть, где находятся собственно системные компоненты, и подсоединенная к ней через 340 контактный разъем под углом в 90 градусов часть, где находятся всевозможные компоненты ввода/вывода - карты расширения, коннекторы портов, накопителей данных, куда подключается питание. Таким образом, во первых повышается удобство обслуживания - нет необходимости получать доступ к ненужным в данный момент компонентам. Во вторых, производители в результате имеют большую гибкость - делается одна модель основной платы, и стойка под каждого конкретного заказчика, с интеграцией на ней необходимых компонентов. Вообще, вам это описание ничего не напоминает?

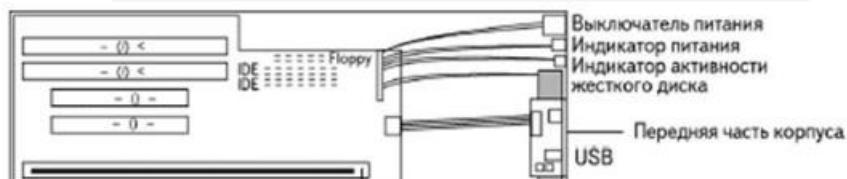
Достоинства:

1. легкий доступ к материнской плате для модернизации;

2. плата спроектирована так, что ее можно легко извлечь из корпуса;
  3. в качестве центрального узла используется кросс-плата.
- Недостатки: необходимы специальные (NLX) корпус и блок питания.



Системная плата формфактора NLX



Внешний вид выносной платы формфактора NLX

### Дополнительные интегрированные технологии

AMR (другой аналогичный стандарт CNR и ACR). Альтернативный (и перспективный) путь частичной интеграции на материнскую плату аудио и модема это реализация AMP. Расшифровывается это сочетание как Audio-Modem Riser. Практически это реализация спецификаций AC'97. То, что раньше называлось Digital AC'97 Controller, ныне переименовано в AMR - контроллер, который встраивается непосредственно в набор микросхем поддержки. На материнскую плату выносится общая часть модема и звуковой карты, а именно ЦАП и АЦП. На материнской плате появляется также очень короткий (всего 46 контактов) слот, куда вставляется специальная карта. А уже на карте расположены остальные блоки для реализации функций модема и звуковой карты. Их там окажется совсем немного — пара специализированных DSP и аналоговые части (например, усилитель). На карте также будут находиться все внешние разъемы: для подключения колонок, микрофонов, телефонной линии, телефона, а может, и просто телефонной трубки и т. д.

### Аппаратный мониторинг.

Контролировать состояние наиболее важных рабочих параметров поможет аппаратный мониторинг, интегрированный в чипсет или реализованный на системной плате в виде отдельной микросхемы. Благодаря этому вы сможете получить информацию о напряжении на микросхемах, скорости вращении вентиляторов, температуре процессора и системной платы. При достижении критических температур есть возможность предупредить пользователя или даже выключить компьютер

### **IrDA - коннектор.**

Коннектором IrDA называют разъем для инфракрасного приемника/передатчика. Физическое подключение производится к одному из СОМ-портов (обычно это СОМ2), а при подсоединении дополнительной платы возможен обмен данными с любым устройством, снабженным подобным приемником/передатчиком. Инфракрасная связь позволяет соединяться на расстоянии до одного метра в режиме «точка-точка» и использует инфракрасный диапазон от 850 до 900 нм. Связь между устройствами устанавливается в полудуплексном режиме.

### **Технология Dual BIOS.**

Использование этой технологии позволяет значительно повысить надежность функционирования компьютера, т.к. в случае отказа одной микросхемы с BIOS, ее роль берет на себя вторая, запасная микросхема. Здесь поясним вкратце, что BIOS это микросхема связывающая компоненты материнской платы и платы расширения в единое целое. Грубо говоря, она— «спинной мозг» компьютера. Эта программа записана в специальную микросхему установленную на материнской плате. При выключении питания эта программа не стирается. Но, чтобы иметь возможность оперативно изменить ее в случае появления нового устройства (например, новой модификации процессора), предусмотрена опция по «перешиванию» этой микросхемы обновленной программой BIOS самим пользователем. Обычно новый BIOS можно «скачать» на свой компьютер через Интернет, с сайта производителя материнской платы.

### **Интерфейс Digital Video (DV) или, по другому IEEE 1394 (i. LINK).**

Данный высокоскоростной интерфейс (до 400 Мбит/с) предназначен для ускоренной перекачки больших массивов данных в реальном времени. В последнее время стал особенно популярен для транспортировки видеопотоков. Используется например для подключения к системе цифровых видеокамер. Последняя, в этом случае, может быть подключена к компьютеру напрямую. Физически, соответствующий набор микросхем и разъемов выпускается в виде отдельной платы устанавливаемой в слот (ее цена порядка 100\$), или в виде интегрированного на материнскую плату узла. Цена материнской платы, в этом случае, примерно на 50\$ выше обычной. Поэтому определиться, насколько IEEE 1394 вам нужен, лучше до покупки материнской платы.

### **RAID - контроллер.**

Это специализированный контроллер для работы с несколькими винчестерами одновременно. Причем, для того, чтобы подключить, допустим, два винчестера к компьютеру никаких специальных контроллеров не нужно. В этом случае их объем просто суммируется. RAID же позволяет разбить данные на небольшие блоки и записать их сразу на все винчестеры. Считываются они, соответственно, одновременно с 2-х или 4-х и более винчестеров, что соответственно повышает скорость работы. Новый интерфейс ULTRA ATA 100

или 133 здесь совсем не лишний. Есть у RAID и другие возможности (подробнее поговорим об этом в уроке посвященном жёстким дискам). Здесь же отметим, что как и IEEE 1394, RAID-контроллер может быть выполнен или в виде отдельной платы, или интегрирован на материнскую плату. В последнем случае он обойдется значительно дешевле.

Представление о корпусе современного ПК. Основные типы корпусов.

Корпус ПК (Case) не только упаковочный ящик, но и функциональный элемент, защищающий компоненты ПК от внешнего воздействия; это основа для последующего расширения системы. Это основа для последующего расширения системы расширения.



Итак, рассмотрим составные компоненты корпуса ПК. Его основа – это рама (1) к которой крепятся: блок питания (2), панель крепления материнской платы (3), передняя панель (4), а также секции для дисководов. Секции используются двух типов: для дисководов CD/DVD – размером 5,25" (5), для FDD – размером 3,5" (6). Оба типа секций можно использовать для жестких дисков. Ну и конечно же крышки. В современных компьютерах: левая и правая (снимаются они раздельно), а вот в более старых компьютерах крышка всего одна – П-образная. Рама, панель крепления материнской платы, корпус блока питания, секции накопителей – все это изготавливается из алюминия или дюралюминия, передняя же, лицевая панель – из пластмассы. Частенько встречаются корпуса с легкосъемными лицевыми панелями, которые покупатели сами, в домашних условиях могут менять, в зависимости от настроения. Вообще следует отметить тот факт, что на сегодняшний день на рынке выбор корпусов довольно широк. С одной стороны, это хорошо, ведь есть из чего выбрать, но с другой стороны – этот выбор настолько огромен, что добавляет головной боли.

Существует два основных типа корпусов: Desktop (настольный, горизонтального расположения) и Tower (вертикального расположения). Рассмотрим различные типы корпусов.

## Корпус типа Slimline



Данный тип корпуса относится к компактным корпусам. Такие корпуса незаменимы там, где дорог каждый сантиметр рабочего стола и где требуется ПК, имеющий элементарный набор компонентов вычислительной системы. Это необходимо в том случае, если ПК используется как рабочая станция локальной сети.

Для таких корпусов были разработаны специальный форм-фактор материнских плат. Дело в

том, что высота корпуса не позволяет устанавливать платы расширения перпендикулярно материнской плате. Поэтому придумали такое устройство как карта адаптера. На материнской плате находится один общий разъем для подключения карты адаптера, на которой уже находятся разъемы шин к которым подключаются карты расширения. Вот и получается, что эти карты расположены параллельно материнской плате. Поскольку корпуса Slimline выпускаются, как правило самими производителями компьютеров, которые эти корпуса и комплектуют необходимым оборудованием, то карты адаптера изготавливаются специально под высоту данного корпуса, что позволяет изготовить его как можно тоньше. С точки зрения оптимальности Slimline имеют больше недостатков, чем достоинств. Недостатки корпуса типа Slimline заключаются в следующем:

В виду того, что эти корпуса слишком тонкие, в них можно установить только по одному-двум устройствам размером 5,25 и 3,5".

Т.к. все детали такого компьютера находятся максимально близко друг к другу, охлаждение их недостаточное и как следствие – перегрев компонентов ПК.

Цена таких компьютеров достаточно высокая.

К достоинству корпусов данного типа можно отнести тот факт, что компьютеры типа Slimline одни из самых экономичных, так как блоки питания их редко превышают мощность в 150 Вт. Толщина этого типа блоков примерно 8 см, ширина – 35 см, длина – 45 см. Таким образом, корпуса данного типа способны обеспечить необходимую функциональность вычислительной системы и существенно экономят рабочее пространство.

## Корпус типа Desktop

Desktop (в переводе с английского Desktop – письменный стол) был наиболее распространен до середины 1990-х годов. Как правило, такой компьютер ставится на стол, а монитор сверху. С одной стороны это удобно, ведь освобождается место под столом для ног и не надо наклоняться для того, что бы вставить диск в CD-ROM. Но с другой стороны появляется существенный недостаток данного типа корпуса – он занимается много места на столе. Поэтому недавно появились десктопы с возможностью поставить их горизонтально, то есть пользователь может выбрать наиболее подходящее ему положение блока. Только вот в этом случае необходимы специальные дисководы чтения/записи CD-дисков, так не каждый такой накопитель сможет загрузить диск в положении под 90 градусов. Высота десктопов, как правило, равна 20 см, ширина и длина по 45 см, количество 5,25" секций 2 – 3, а 3,5" секций 1–2. В России, корпуса типа Desktop не получили распространения.

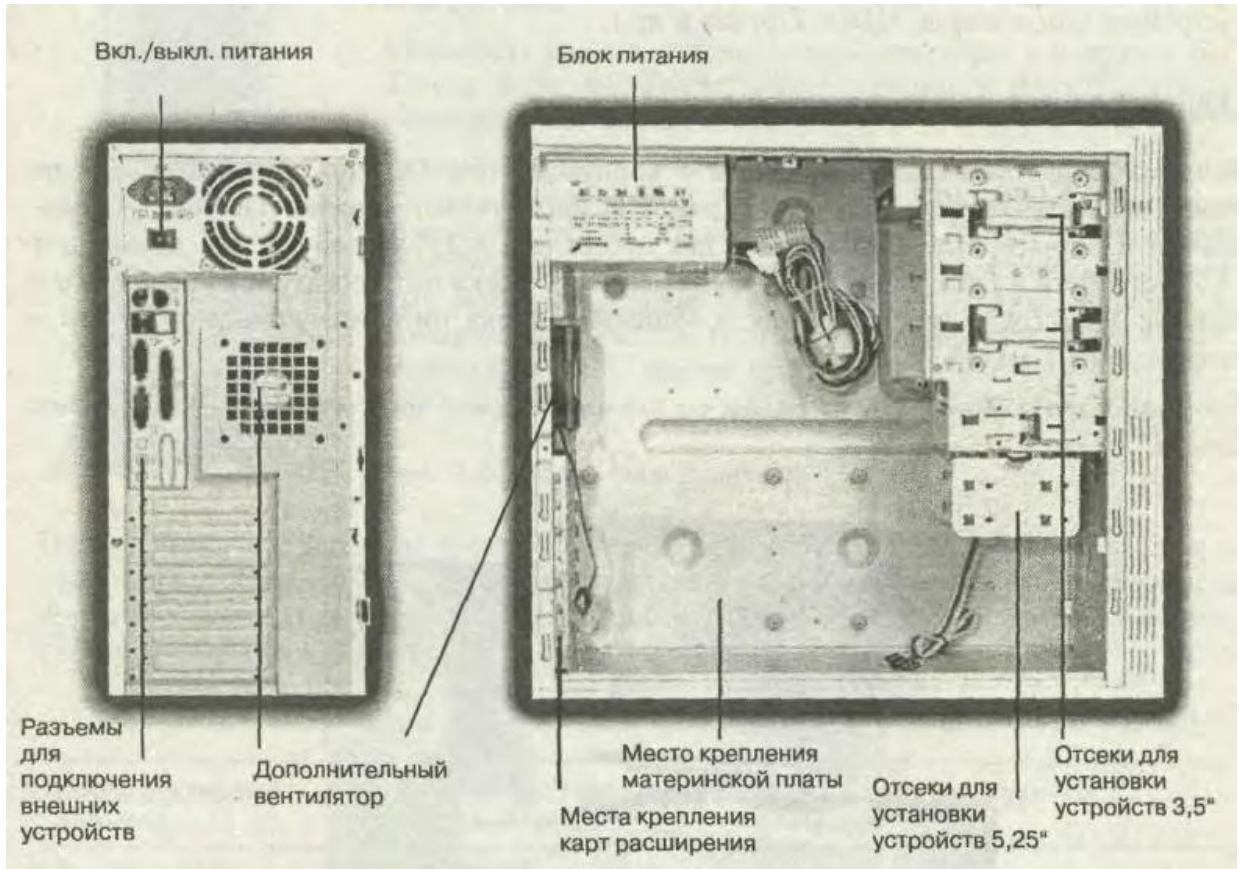
Следует отметить тот факт, что граница между Desktop и Slimline несколько размыта. Существуют модели корпусов высотой 12,5 см, карту

адаптера и 4 секции под приводы. Казалось бы для Slimline толстоват, а до Desktop еще не дотягивает? Так вот, можно сделать такой вывод: неестественно тонкие корпуса – это Slimline (до 8 см), все же остальные – Desktop'ы.



## Корпус типа Tower.

Т.к корпус типа Desktop занимал на рабочем столе много места. Поэтому был разработан корпус типа Tower, который можно размещать под столом.



### Основные компоненты современного корпуса типа Tower

Корпус типа Tower можно легко открыть. Этот корпус состоит из двух изогнутых в форме буквы U стальных листов, вставленных друг в друга. Встречаются два варианта, указанные ниже.

В дешевых корпусах часть кожуха находится под фронтальной обшивкой. На обратной стороне по периметру (справа и слева) расположены три для Big-Tower и четыре для Super-Big-Tower винта, которые фиксируют крышку на тыльной стороне корпуса. После удаления винтов крышку слегка приподнимают. Крышка выходит из нижней части корпуса. После этого легким рывком ее извлекают из фронтальной части корпуса.

Альтернативу вышеописанной конструкции представляют корпуса, в которых боковая стенка может откидываться подобно крышке шкафа; однако для этого необходимо удалить два винта, обычно находящихся непосредственно на фронтальной обшивке или на тыльной части корпуса ПК.

Многие корпуса типа Tower производятся с откидывающейся крышкой. С одной стороны, крышка защищает элементы конструкции от попадания пыли, с другой стороны, — от внешнего вмешательства. Корпуса типа Tower различаются по количеству отсеков для установки 5,25" - съемных устройств (приводов CD и DVD и др.) и отсеков для установки 3,5" - устройств (дисководов, HDD, Zip, Jaz и др.).

### Корпус типа Mini-Tower



Корпус Mini – Tower можно сравнить с корпусом типа Desktop, установленным на бок (существуют даже корпуса, в которых можно вынуть блок с секциями и развернуть его на 90 градусов, что позволяет использовать их и как Mini-Tower и как Desktop). Размеры данного типа корпуса достигают лишь 45(в)х20(ш)х45(д). Размеры корпуса позволяют разместить в нем только по паре 5,25" и 3,5" секций. Кроме того,

плотное расположение компонентов внутри блока не позволяют как следует охлаждать их. Можно поставить дополнительный вентилятор, но опять же, из-за малого внутреннего объема, он будет маленьким, а значит и малопроизводительным. С другой стороны, ввиду того, что высота не большая, эти корпуса довольно устойчивы. Обычно корпус ставят рядом со столом, за счет чего освобождается рабочее место. В общем, для ПК невысокой производительности этот тип корпусов очень даже подходит. К тому же, как и Slimline, Mini-Tower довольно экономичен, так как мощность его блока питания редко превышает 200 Вт. Однако, комплектовать компьютер с корпусом Mini – Tower – очень неудобно, т.к. очень мало места, блок питания постоянно мешает, не удобно ставить жесткий диск под флоппи – дисководом.

### Корпус типа Midi-Tower



Midi – Tower. Этот тип корпуса по сути дела увеличенный в высоту Mini – Tower и является самым распространенным типом, т.к. вобрал в себя наибольшее количество преимуществ.

1. Размеры Midi – Tower'ов: высота примерно 50 см, ширина – 20 см, а длина – 45 см. Это позволяет ставить системные блоки как под стол, так и на него.
2. Жизненное пространство внутри корпуса позволяет разместить внутри порядка 3 – 4 секций размером 5,25" и 2 секции размером 3,5". Такие корпуса позволяют установить два накопителя CD/DVD дисков и два жесткий диска, дисковод для чтения дискет FDD.
3. Следует отметить и тот факт, что большее пространство позволяет потоком воздуха лучше охлаждать компоненты компьютера. Это значит, что компьютер в таком корпусе проработает дольше, так как температурный режим влияет на долговечность и работоспособность полупроводников.
4. Есть возможность установки дополнительного вентилятора под 3,5" секциями, что очень не маловажно! Блоки питания таких корпусов имеют большую мощность, порядка 250 – 300 Вт, а иногда и 350 Вт.

#### Big-Tower (Full-Tower)



Корпус типа Big-Tower является наиболее подходящим, если достаточно места с письменным столом или под ним. К недостаткам этого типа корпуса относят его высоту, несколько больший вес, чем у предыдущих корпусов.

Высота не малая, порядка 63 см (ширина 20 см, длина 48 см). Не под каждый стол встанет такой корпус. Но он стоит того, что бы переделать Ваш стол. Места внутри очень много. Только стандартными путями можно установить два - три вентилятора, не говоря о

том, что достаточно места для самостоятельной установки еще для установки дополнительных вентиляторов, если это понадобится. Кроме того, этот корпус имеет 6 (а иногда и 7) секций размером 5,25" и 2 секции размером 3,5". Мощность блока питания достигает 350-400 Вт. Собирать компьютер в корпусе Big – Tower очень удобно, т.к. достаточно места, блок питания не мешает, более того, он

находится как бы в отдельной части корпуса. Дело в том, что корпус Big – Tower как бы разделен по горизонтали на две части: в верхней части находится блок питания и секции дисководов, а в нижней части – место для материнской платы с ее компонентами. В каждую часть можно установить по дополнительному вентилятору, которые не будут друг другу мешать.

#### Тип корпуса Super - Big-Tower

Данный тип корпуса по своим параметрам незначительно отличается от корпуса типа Big-Tower. Единственным отличием является высота корпуса, которая составляет около 73 см. Также корпус Super - Big-Tower примечателен тем, что имеет 2-3 дополнительные монтажные рамы для установки приводов 5,25”.

#### Тип корпуса File Server



File Server – это главный компьютер сети, который должен снабжать данными и координировать работу многочисленных рабочих станций. Корпус типа File Server является самым дорогим из всех корпусов. Как правило, в корпусе имеется 8-10 отсеков для приводов 5,25” и несколько отсеков для приводов 3,5”. В корпусе File Server можно разместить 3 вычислительных машин обычной конфигурации. Разнообразие размеров довольно широко, но примерно: высота от 73 см, ширина 30 – 35 см, а длина около 55 см.

Корпус снабжен колесиками, которые позволяют без особых усилий его передвигать. На передней панели находится множество оптических индикаторов и других элементов, которые позволяют контролировать работу компьютеров.

Требования к корпусам типа File Server очень высокие, оно и ясно – ведь там будут установлены не обычные персональные компьютеры, а сервера и от их бесперебойной работы частично будет зависеть работа интернета. Для серверов разрабатывают специальные многопроцессорные материнские платы. Также в корпус устанавливают несколько жестких дисков. Секций для них бывает порядка семи. Предъявляются высокие требования к системе охлаждения и блоку питания. Давайте прикинем: жесткий диск при запуске потребляет примерно 7 А. Если в корпусе 7 жестких дисков, то суммарный ток будет равен 49 А. При напряжении в 12 В потребуется мощность в 588 Вт. И это еще без учета других компонентов. Кроме этого, большое количество вращающихся механизмов увеличивают

вибрацию. А ведь сервер должен работать круглосуточно. Исходя из всех этих требований и получается очень высокая цена на корпуса типа File Server.

### Спецификации корпусов: АТ и АТХ.

Спецификация корпуса определяет связку корпус — системная плата. Они определяют тип питания, некоторые элементы конструкции и взаимного расположения компонент ПК. Комплексно это еще может называться форм-фактором. Для ПК применяются следующие спецификации корпусов:

АТ — морально устаревшая, использовавшаяся для недорогих компьютеров. На сегодняшний день практически не используется.

АТХ — новая, имеющая преимущества перед АТ (см. Приложение)

### Спецификация корпусов типа АТХ



В середине 1995 года фирма Intel предложила новую спецификацию на конструкцию корпуса. В настоящее время эта спецификация принята всеми ведущими производителями РС. Практически все типы (за исключением File Server) корпусов соответствует спецификации АТХ. Разработка спецификации АТХ была обусловлена повышением требований к производительности процессора и, соответственно, к поддержке теплового режима, а также увеличением количества микросхем на материнской плате (на материнской плате интегрированы видео- и звуковые карты, контроллеры приводов и др.). Кроме того, появились требования более удобного и простого доступа к внутренним элементам РС. В прежних корпусах встречалось масса неудобств: кабели периферийных устройств перекрывают доступ к модулям памяти, процессор мешает устанавливать полноразмерные карты в слоты расширения и пр.

Согласно стандарту АТХ, материнская плата развернута на 90°, вследствие чего все слоты расширения становятся пригодными для использования полноразмерных плат, а процессор оказывается под блоком питания, и вентилятор блока питания дополнительно обдувает процессор.

### Отличительные особенности корпуса АТХ

Корпус АТХ оборудован новым блоком питания, отличающимся от своих предшественников размерами, конструкцией и наличием нового разъема для подключения к материнской плате, предотвращающего неправильное включение питания. Также в новой спецификации предусмотрено расширение возможностей блока питания. Компоненты системной платы используют напряжение как 5 В, так и 3.3 В. В стандарте АТ на плату подается только 5 В, а 3.3 В получается преобразователем напряжения на этой плате. В АТХ напряжение 3.3 В вырабатывается самим блоком питания, так что необходимость в преобразователе

на плате отпадает. Это освобождает место на плате и улучшает тепловой режим. Для гибкого управления режимами "сна" с возможность "пробуждения" от клавиатуры, звонка на модем и других событий предусмотрена постоянная подача на системную плату напряжения. Если корпус выполнен согласно полной спецификации, то блок питания имеет на задней стороне корпуса отдельный выключатель, позволяющий обесточить системную плату. Опционально возможно управление скоростью вентилятора, температурный контроль блока питания и контроль величины напряжения 3.3 вольта.

В корпусе AT вентилятор блока питания всегда выдувает поток (из задней части). В первоначальной спецификации ATX предусматривалось всасывание воздуха, для того, чтобы направлять поток на процессор. Это позволяет вообще отказаться от собственного кулера на процессоре, заменив его большим радиатором. Теперь Это решение действительно удачное для десктопов. Для башен оказалось удобнее по-прежнему выдувать воздух, что улучшает теплообмен. Дело в том, что, во-первых, блок питания сам нагревает воздух, во-вторых, теплый воздух поднимается наверх. Далее сам блок питания удобно размещать над системной платой и даже на полочке. Так что он больше не обдувает системную плату. А для обдува процессора используется дополнительный вентилятор.

Все слоты расширения поддерживают полноразмерные платы. Новые платы форм – фактора ATX стали по размеру гораздо больше.

Наличие интегрированных портов уменьшает количество кабелей внутри корпуса, что облегчает доступ к компонентам материнской платы.

Все порты ввода/вывода, разъемы мыши и клавиатуры PS/2, а в случае встроенного музыкального чипа, то и аудиовходы/выходы и игровой порт располагаются на одной стороне материнской платы в один ряд и выходят на заднюю стенку корпуса (находятся в одном блоке в верхнем левом углу материнской платы).

Разъемы интерфейсов дисководов и винчестеров расположены рядом с посадочными местами для 3,5" приводов, следовательно, можно использовать более короткие кабели и они не будут путаться; также увеличивается производительность внешних устройств.

В настоящее время появилось большое количество ATX-корпусов типа Desktop, Mini-Tower, Tower, имеющих унифицированное расположение крепежных отверстий для материнских плат различного типа, благодаря чему в корпус можно установить различные по размеру системные.

Ниже представлена обобщающая таблица, в которой представлены типы корпусов и их физические размеры. Следует отметить, что размеры даны лишь приблизительно, так как каждый производитель оставляет за собой право незначительно отступать от стандартов в ту или иную сторону. Производителями одних из самых надежных корпусов для ПК являются фирмы Thermaltake и InWin.

тип корпуса	высота	ширина	длина
Desktop	20 см	45 см	45 см
Slimline	8 см	35 см	45 см
Mini - Tower	45 см	20 см	45 см
Midi - Tower	50 см	20 см	45 см
Big - Tower	63 см	20 см	48 см
File Server	73 см	35 см	55 см

Надежность корпуса ПК. Основные подходы к выбору надежного корпуса.

1. Выбор основного типа корпуса (Desktop или Tower) определяется в зависимости от его месторасположения (под столом или на столе)
2. Необходимо обратить внимание на то, как изготовлена рама, а точнее сварная она или клепанная. В последней, со временем, в процессе неизбежного перемещения системного блока заклепки могут разболтаться и из-под них начнет сыпаться металлическая стружка, которая может перемкнуть какие-нибудь контакты на платах. Сварные рамы намного надежней. Также важно убедиться в том, что несущая рама (шасси) выполнена из достаточно толстого листа металла, толщиной 0,8 - 1 мм. Толстый металл будет способствовать большей прочности корпуса, снижению уровня шума и вибрации. Дешевые корпуса зачастую изготавливают из тонких листов металла, что плохо сказывается на надежности корпуса.
3. Материал корпуса влияет на то, как будут охлаждаться внутренние комплектующие, поскольку сам корпус выступает в роли пассивного радиатора. Наилучшими считаются корпуса, изготовленные из алюминия. Они достаточно легкие и очень хорошо отводят тепло, способствуя, тем самым, лучшему охлаждению. Однако, алюминиевый корпус может быть подвержен вибрации и излишним деформациям. Корпуса, изготовленные из высококачественной стали, - более

распространенный вариант. В отличие от алюминия, сталь меньше подвержена деформации, но чуть хуже отводит тепло.

4. Не стоит выбирать дешевые корпуса, т.к. они имеют слабые блоки питания, которые выходят из строя очень быстро. А именно блок питания выполняет в корпусе центральную роль, обеспечивая стабильное электропитание всех устройств. При некачественной или нестабильной работе блока питания существует серьезный риск выхода из строя дорогостоящих комплектующих компьютера. Важной характеристикой блока питания является его мощность. В дешевых корпусах зачастую не точно просверлены отверстия для крепления материнской платы. А это уже чревато ее выходом из строя вследствие касания контактов о металлическую панель крепления, так как не всегда имеется возможность закрепить плату достаточно надежно.
5. Необходимо проверить вращение кулера блока питания, в десктопах он должен всасывать воздух в корпус, а не наоборот (встречаются и такие блоки), в тауэрах - выдувать. В противном случае, в корпусе будет создаваться постоянно разряжение и это приведет к нарастанию пыли на поверхностях плат, что отнюдь не самый лучший для них режим работы.
6. Хороший корпус должен быть экранирован, т.е. не выпускать наружу радиочастотные помехи, которые мешают внешним устройствам и бытовой электронике. Излучение обнаруживается, например, если подойти с радиоприемником к компьютеру при снятом кожухе - звук сразу покроется треском и шипением. Критерием является наличие в спецификации соответствие жесткому (американскому) стандарту FCC Class B на величину излучения от офисных и домашних компьютеров. Заметим, что иногда термин Class B в документации опускают. Также заметим, что лучшие корпуса изнутри покрыты пермаллоем — материалом, не пропускающим низкочастотные электромагнитные излучения. Правда, корпуса с таким покрытием и стоят примерно в 2 раза дороже обычных. Экранирование выполняется за счет плотного прилегания стенок к шасси посредством специальных лапок.
7. Убедитесь в том, что боковые крышки плотно прилегают к корпусу.
8. Обратите внимание на внешний вид корпуса: нет ли на нем каких-либо физических дефектов (типа вмятин). В случае гарантийного ремонта ПК, если такой понадобится, достаточно сложно будет доказать, что это не Вы роняли системный блок, а таким его уже приобрели.

Очень важным в эксплуатации корпуса ПК является легкость доступа к комплектующим ПК, а значит доступа внутрь корпуса. Это обеспечивается следующими приемами.

- Снимающаяся боковая стенка (левая, если смотреть со стороны лица) обеспечивает легкий доступ к внутренним компонентам. У некоторых корпусов снимаются обе стороны (тогда для жесткости верхняя стенка обычно составляет одно целое с шасси). В традиционном же исполнении стенка является П-образной.
- В некоторых корпусах применяют также выезжающую раму, на которой размещается пластина с системной платой. Все вставленное в плату вынимать не надо, в том числе и карты. Однако необходимость отключения от платы проводков индикаторов, а также поворота корпуса (если он придинут торцом к стенке) снижает привлекательность этого решения.

Для обеспечения удобства эксплуатации ПК в процессе включения, выключения, перезагрузки ПК немаловажным является дизайн кнопок управления на панели корпуса ПК.

На лицевой стороне находятся как минимум 2 кнопки: включения (POWER) и перезагрузки (RESET, сброс). К их дизайну предъявляются определенные требования (например, совсем плохо, если все они одинаковые, например, круглые, одного диаметра и цвета и расположены близко друг от друга).

Требования к кнопке включения (POWER):

- должна выделяться цветом и размером от других
- не должна выступать, лучше, когда она чуть утоплена (так она меньше повреждается и ее труднее случайно нажать)

Заметим, что для питания типа AT лучшим выключателем является тумблер. Для питания типа ATX это в принципе невозможно, т.к. здесь измеряется также длительность нажатия (развитые BIOS программируются на аварийное выключение питания при нажатии более 4 секунд, когда основная кнопка не срабатывает)

Кнопка перезагрузки (Reset)

Эта кнопка должна быть мелкой и утопленной, чтобы затруднить непреднамеренное нажатие на нее. Наилучший вариант, когда она настолько маленькая, что нажимается только тонким предметом типа шариковой ручки.

Кнопка Sleep

Есть на некоторых ATX корпусах. Позволяет мгновенно послать компьютер в состояние сна (энергосберегающий режим), если надо сделать паузу в работе. Более дорогой альтернативой является использование клавиатуры с такой же кнопкой.

Расположение блока питания в корпусе

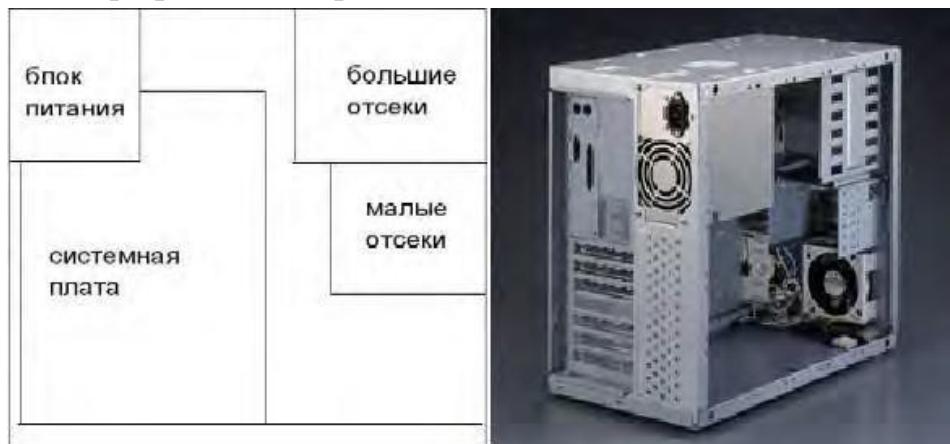


Блок питания в башне располагают обычно в верхней части корпуса, а ниже его располагается системная плата. В достаточно высоких корпусах блок питания располагается полностью над системной платой, так что их проекции на боковую стенку не пересекаются. Это обычное расположение, "без перекрытия".

Это особенно понятно, когда блок лежит на полке (еще бывает крепление просто на винтах к задней стенке).

В более низких корпусах (39 см и ниже) указанные проекции частично пересекаются, так как блок питания повернут на 90° относительно продольной оси. Поэтому такие корпуса несколько шире обычных — порядка 22 см. На системной плате под блоком питания находится гнездо процессора. Это создает следующие неудобства:

- процессор закрыт блоком питания и поэтому для работы с процессором нужно сначала демонтировать блок питания (или вести работы вслепую)
- блок питания загромождает место около процессора, ухудшая его обдув
- появляется ограничение на высоту переходных плат для процессоров (сокетный вариант для слотового гнезда). Чтобы обойти это, компания ASUS выпускает специальные низкопрофильные переходные платы



Вывод: предпочтительнее для комфортной эксплуатации ПК использовать высокие корпуса, "без перекрытия".

#### Место для второго вентилятора и его размер

Во всех хороших современных корпусах предусматривается возможность установки дополнительного вентилятора (основным является встроенный в блок питания). Его используют для охлаждения таких "горячих" устройств как скоростной жесткий диск, современная графическая 3D-карта, процессор. Возможность установки означает наличие решетки в шасси и мест под винты.

Место для дополнительного вентилятора предусматривается или впереди, в нижней части, либо сзади, под блоком питания. В первом случае поток насквозь проходит сквозь корпус, что является оптимальным для охлаждения. Эти модели распознаются по декоративным решеткам впереди (через которые засасывается воздух). Однако передний забор воздуха создает дополнительный шум. Во втором случае поток воздуха не оптимален, но дополнительный вентилятор точно обдувает процессор. Кроме того, этот вариант более тихий. Некоторые модели предусматривают оба типа установки дополнительных вентиляторов.

Далее, вентиляторы вентиляторы бывают большие (диаметром 80–90 мм), как в блоке питания, и малые (диаметром 50–60 мм). Соответственно места также рассчитаны на большой или малый вентилятор.

#### Блок питания



В конструкции блока питания нет ни деталей, ни элементов, которые требовали бы обслуживания за исключением вентилятора.

Основная задача блока питания - это преобразование напряжения сети 220—240 В напряжение питания конструктивных элементов компьютера  $\pm 12$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 3,3$  В Раньше для этого применялись блоки питания на основе силовых

"трансформаторов. Основное преимущество современных блоков питания перед такими антикварными устройствами — их вес. Только один силовой трансформатор соответствующей мощности весит около 5 кг, а вес современных импульсных блоков питания составляет всего 900 г. Недостатком импульсных блоков питания по сравнению с блоками питания на

основе силового трансформатора является небольшой срок их службы. Силовой трансформатор — это надежный конструктивный элемент, бесперебойный срок работы которого исчисляется годами и даже десятилетиями. Надежность работы импульсного блока питания в основном зависит от надежности электронных компонентов, срок годности которых редко превышает 3 года, что связано со старением и соответствующим изменением их электрических параметров. Однако при электронном способе формирования питающих напряжений энергии, накопленной в фильтрующих конденсаторах (рис. 2.2), порой достаточно для осуществления непрерывного питания РС при кратковременном (на 0,5—1 с) падении напряжения в сети. Такие кратковременные падения сетевого напряжения случаются достаточно часто. Именно они и компенсируются электронными схемами, благодаря чему не происходит нарушений в работе компьютера. Отметим, что сами эти электронные элементы блока питания очень чувствительны к помехам и нестабильности питающей сети. Для обеспечения необходимого температурного режима в блоке питания размещен вентилятор. Из-за пыли, со временем накапливающейся в блоке питания, вентиляция становится менее эффективной. Одно из правил электроники гласит: "чем выше температура, тем короче срок службы элемента". Нередко при эксплуатации в сильно запыленном помещении блок питания полностью приходит в негодность вследствие перегрева его элементов. Если все-таки компьютер нужен для работы именно в таких неблагоприятных условиях, следует использовать более дорогой корпус, на передней панели которого имеются вентиляционные отверстия со специальными фильтрами. Эти фильтры необходимо регулярно менять.



Рис. 2.2. Блок питания со снятой защитной крышкой корпуса  
Размер блока питания определяется конструкцией корпуса.

Промышленными стандартами можно считать шесть моделей корпусов и блоков питания:

- PC/TX
- AT/Desktop
- AT-Tower
- Baby-AT
- Slimline
- ATX

Последним стандартом на рынке РС стал стандарт ATX, разработанный фирмой Intel в 1995 г. Этот стандарт, завоевавший особую популярность в 1996 г. с появлением процессора Pentium pro, определил новую конструкцию материнской платы и блока питания. Существует множество модификаций блоков питания каждого типа. Все они различаются выходными мощностями. Мощность источника питания компьютера должна полностью и даже с некоторым запасом обеспечивать энергопотребление всех подключенных к нему устройств. Чем больше устройств может быть установлено в системный блок, тем большую мощность должен иметь блок питания. В среднем мощность блоков питания варьируется от 300 до 1000 Вт. Несмотря на прогнозы снижения энергопотребления, современные высокооборотные жесткие диски и графические ускорители поднимают планку. В этой связи, полезно иметь запас по мощности. Для современных офисных компьютеров достаточно будет блока питания на 300-350 Вт, для домашних бюджетных компьютеров подойдет блок питания на 350-400 Вт, для игровых машин среднего класса потребуется более мощный блок питания на 550 Вт, для игровых систем высокого класса подойдет блок питания на 650-700 Вт, и для самых мощных Hi-End систем нужен блок питания мощнее 700 Вт.

### Качество блока питания

От блока питания требуется стабильно выдавать нужные номиналы и служить долго и безотказно. Развитые блоки также исправляют (в большей или меньшей степени) отклонения во входном питании.

Качество блока питания в значительной степени определяет долговечность внутренних компонент. Если блок питания дал сбой, то никакие внешние устройства питания (фильтры, стабилизаторы и т.д.), не помогут. К тому же эти сбои трудно диагностировать и можно потратить уйму времени на проверку главной платы, памяти и т.д. пока дойдет очередь до блока питания.

Срок работы блока питания составляет 4–7 лет, а продлить его можно тем, что реже выключать и включать компьютер, причем интервал между последовательным выключением и включением должен составлять не менее 10 секунд. При выходе блока питания из строя его проще заменить, чем ремонтировать.

Минимальные требования к блоку питания — наличие хотя бы одного сертификата авторитетных тестовых лабораторий из числа: UL, CSA, TUV, CB, CE, VDE, FCC, FTZ, DEMKO, NEMKO, FIMKO & SEMKO (это

оговаривается в спецификации к блоку). Соответствующие наклейки располагаются на видном месте блока. Обычно в предложениях продавцов ограничиваются упоминанием TUV (что, в принципе, достаточно).

Самые распространенные производители блоков питания: FSP, Cooler Master, OCZ, Zalman, Enermax, Hiper, Chieftec, Corsair, Thermaltake (Hi-End модели), Antec, Enhance. Продукция этих компаний, как правило, всегда высокого качества.

Практические рекомендации по подбору блока питания

1. Соответствие стандартам ATX
2. Если вы намерены разгонять комплектующие, то нужно выбирать более мощный блок питания.
3. Современные блоки питания выдают разное напряжение по 5-8 линиям, как правило, — это линия +12M. На данную линию приходится самая большая нагрузка, поэтому она должна выдавать как можно больше мощности.
4. Не покупать блок питания без бренда, потому что такие блоки питания имеют самые худшие детали, плохую пайку, а так же они не соответствуют заявленной мощности.
5. Рекомендуется покупать блок оборудованные модулем PFC — это специальный модуль блока питания, который корректирует коэффициент мощности и направлен на защиту сети. Модуль PFC бывает активный и пассивный. Рекомендуется покупать блоки питания, оборудованные PFC. Блоку средней мощности достаточно пассивного модуля, а для блока питания высокой мощности, необходим активный PFC.

## Лекция №8. Виды памяти в технических средствах информатизации

Устройства хранения данных (память) являются составной частью практически любого современного технического средства информатизации. В памяти хранятся как программы работы технического средства, так и данные, используемые в процессе его работы. Применительно к персональным компьютерам вся память компьютера подразделяется на внутреннюю и внешнюю. Структура памяти компьютера показана на рис. 8.1.1.

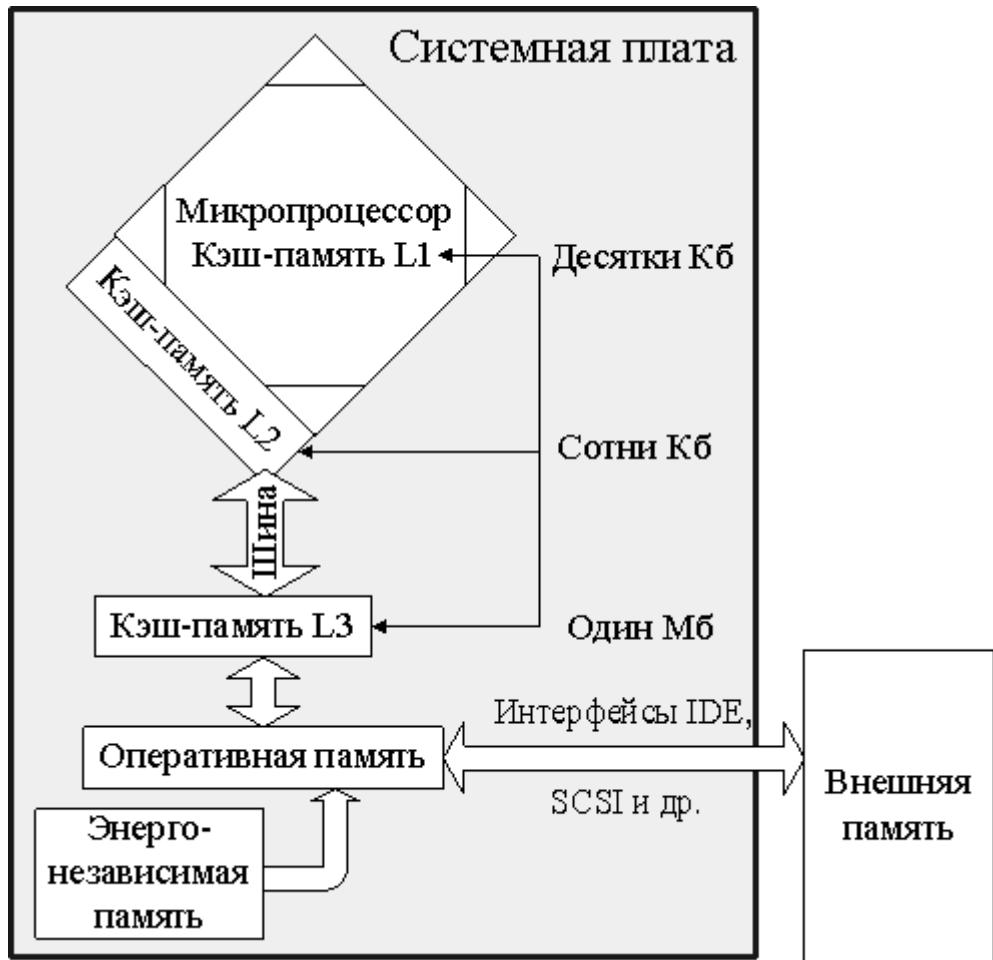


Рисунок 8.1.1.

Внутренняя память предназначена для временного хранения программ и обрабатываемых в текущий момент данных (оперативная память, кэш-память), а также для долговременного хранения информации о конфигурации ПК (энергонезависимая память). Все виды запоминающих устройств, расположенные на системной плате, образуют внутреннюю память ПК, к которой относится:

- сверхоперативная память (кэш-память);
- оперативная память;
- постоянная память;
- энергонезависимая память.

Физической основой внутренней памяти являются электронные схемы (ПЗУ, ОЗУ), отличающиеся высоким быстродействием, но они не позволяют хранить большие объемы данных. Кроме этого, основная внутренняя память – оперативная – является энергозависимой, т.е. при отключении ПК ее содержимое стирается. Вследствие этого возникает необходимость в средствах длительного хранения больших объемов данных.

В персональных компьютерах эта функция возложена на внешнюю память, которая по своим характеристикам в противоположность внутренней памяти, является медленной, энергонезависимой и практически неограниченной.

При изучении носителей важно иметь представление о физических принципах, положенных в основу записи и чтения данных. В современных технических средствах информатизации сочетаются три вида носителей, отличающиеся физическим принципом организации памяти: электрические, магнитные, оптические (рис. 8.1.2).

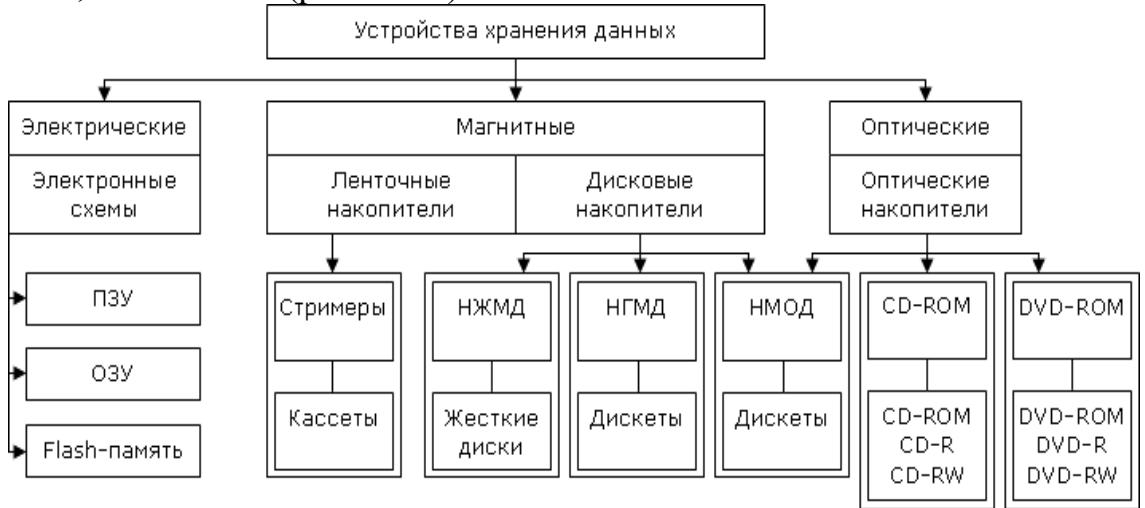


Рисунок 8.1.2.

Оперативная память RAM (Random Access Memory) используется для хранения исполняемых в текущий момент программ и необходимых для этого данных. Через оперативную память происходит обмен командами и данными между микропроцессором, внешней памятью и периферийными устройствами. Высокое быстродействие определяет название (оперативная) данного вида памяти. Ключевой особенностью оперативной памяти является ее энергозависимость, т.е. данные хранятся только при включенном компьютере.

По физическому принципу действия различают динамическую память DRAM и статическую память SRAM.

Динамическая память при всей простоте и низкой стоимости обладает существенным недостатком, заключающимся в необходимости периодической регенерации (обновлении) содержимого памяти.

Микросхемы динамической памяти используются как основная оперативная память, а микросхемы статической – для кэш-памяти.

Кэш-память (cache memory) используется для повышения быстродействия ПК. Принцип "кэширования" заключается в использовании быстродействующей памяти для хранения наиболее часто используемых данных или команд, тем самым, сокращается количество обращений к более медленной оперативной памяти. При обработке данных микропроцессор сначала обращается к кэш-памяти, и только тогда, когда там отсутствуют нужные данные, происходит обращение к оперативной памяти. Чем больше размер кэш-памяти, тем большая вероятность, что необходимые данные находятся в ней. Поэтому высокопроизводительные процессоры имеют повышенные объемы кэш-памяти.

Кэш-память процессора различают по уровням.

L1 – кэш-память первого уровня. Конструктивно размещается на одном кристалле с процессором и имеет объем порядка нескольких сотен Кбайт.

L2 – кэш-память второго уровня. Размещается на отдельном кристалле, но в границах процессора с объемом до двух Мбайт.

L3 – кэш-память третьего уровня. Реализуется на отдельных быстродействующих микросхемах с расположением на материнской плате и имеет объем несколько Мбайт (последние несколько лет производители системных плат не реализуют данный уровень кэш-памяти).

Оперативная память для персонального компьютера конструктивно компонуется в стандартных двурядных 184-контактных модулях DIMM (Dual In line Memory Module, рис. 8.1.3). Предшественниками модулей DIMM были однорядные модули SIMM (Single In line Memory Module). В течение нескольких лет компанией Rambus при поддержке Intel выпускались модули динамической памяти RIMM (Rambus DIMM, рис. 8.1.4). Однако несмотря на более высокое быстродействие, данный вид памяти не получил широкого распространения из-за большей сложности, более жестких схемотехнических ограничений и большей стоимости.

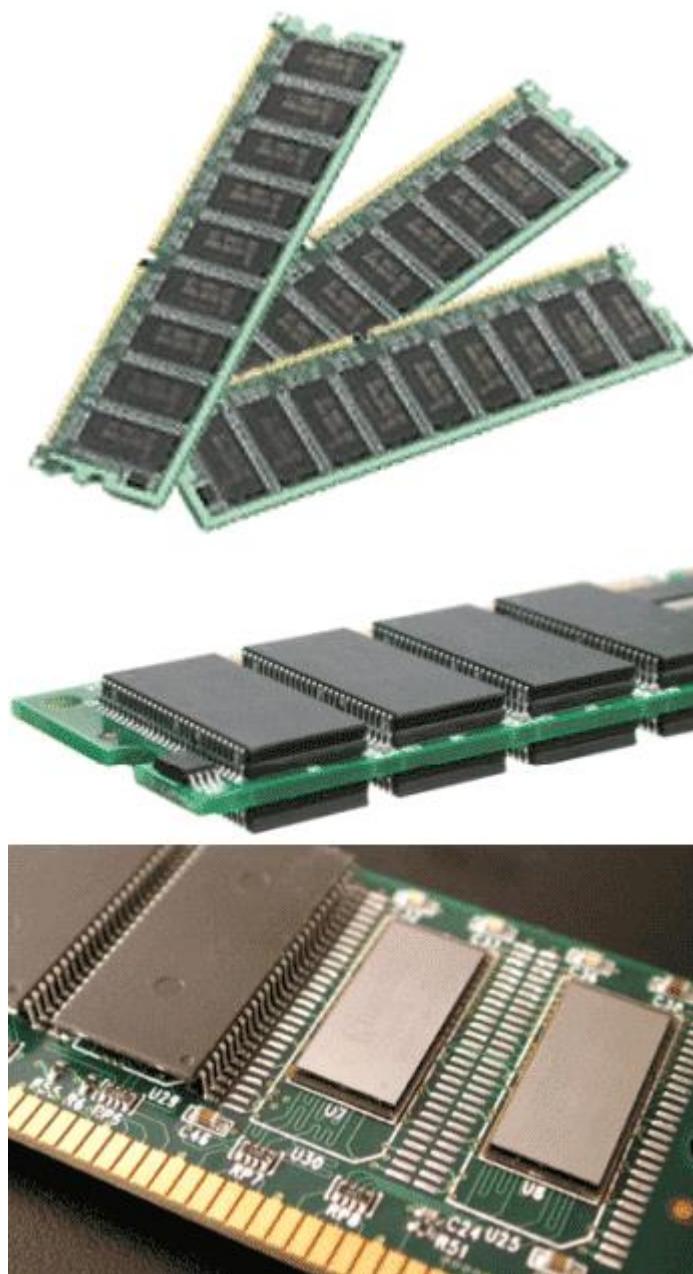


Рисунок 8.1.3

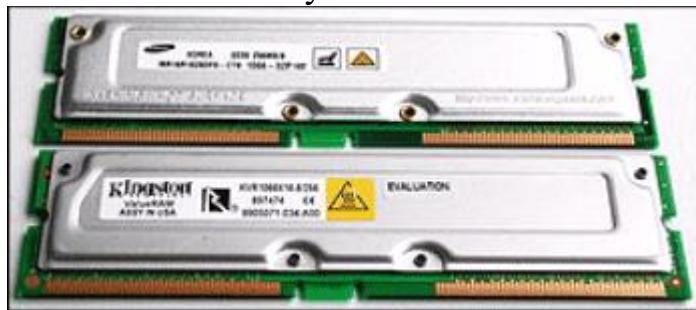


Рисунок 8.1.4

Основой любого модуля памяти является совокупность ячеек памяти. На физическом уровне ячейка памяти представляет собой комбинацию транзистора и конденсатора.

Каждой ячейке оперативной памяти присвоен уникальный адрес, количество адресов определяется разрядностью шины адреса (при 32

разрядной адресации количество адресов составляет 232, т.е. потенциально можно адресовать до 4.3 Гб).

Изменение состояния ячейки (наличие или отсутствие заряда в ячейке памяти соответствует логической единице или логическому нулю), собственно, и является рабочим процессом памяти. Производительность оперативной памяти зависит от двух параметров: времени регенерации (обновления) ячейки памяти и латентности (задержки). Необходимость регенерации памяти обусловлена снижением электрического потенциала ячейки после считывания из нее данных, а также его неизбежными утечками. В связи с этим возникает необходимость регулярного обновления содержимого памяти, т.е. перезаписывания ее содержимого. В момент регенерации данных чтение и запись данных невозможны – это обстоятельство и является одним из ограничений повышения производительности оперативной памяти, и именно поэтому оперативная память характеризуется как динамическая.

Латентность ячеек памяти также влияет на ее производительность, но в данном случае причиной является конечное время, затрачиваемое на чтение и запись одного двоичного слова (восемь бит). Чем ниже латентность оперативной памяти, тем меньше центральный процессор будет находиться в состоянии ожидания данных из оперативной памяти или записи в нее данных.

На сегодняшний день существуют и используются несколько разновидностей оперативной памяти, такие как SDRAM (Synchronous Dynamic Random Access Memory, синхронная динамическая оперативная память), DDR SDRAM (Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory), и ее новый вариант – DDR-II, DR DRAM (Direct Rambus Dynamic Random Access Memory).

В SDRAM все операции с данными синхронизированы с частотой внешней шины. Эта память уже не выпускается и используется только в малопроизводительных компьютерах, поскольку производительности данного типа памяти уже недостаточно для современных платформ и приложений. Теоретически память SDRAM с маркировкой PC66 (цифры указывают на частоту работы шины) обеспечивает производительность до 533 Мб/с, а память PC100 и PC133, соответственно, до 800 Мб/с и 1.06 Гб/с.

На практике же из-за необходимости регенерации данных производительность SDRAM памяти вдвое меньше максимально возможной.

Производительность модуля памяти определяется произведением тактовой частоты шины на количество разрядов шины данных. В современных модулях памяти шина данных составляет 64 бит (8 байт).

Память DDR SDRAM (сокращенно DDR) отличается от памяти SDRAM принципом передачи данных. В памяти DDR данные передаются дважды за один такт: по нисходящему и восходящему фронтам сигнала. Сам принцип хранения данных не изменился.

Для памяти DDR общепринятыми являются два варианта обозначений, например, DDR333 или PC2700. В первом случае указана частота шины (333 МГц), на которую рассчитан данный модуль памяти, а во втором случае

указана максимальная производительность модуля памяти (2700 Мб/с, т.е. 2.7 Гб/с) по обмену данными. Нетрудно заметить, что второе число получено путем умножения первого на 8 (8 байт разрядность шины данных).

DDR-память первого поколения существует в следующих вариантах:

DDR200, PC1600;  
dDR266, PC2100;  
dDR333, PC2700;  
dDR370, PC3000;  
dDR400, PC3200;  
DDR434, PC3500.

Дальнейшее развитие технологий оперативной памяти привело к разработке нового стандарта памяти – DDR-II, которая также размещается в двурядных модулях DIMM, но с увеличенным до 240 числом контактов (рис. 8.1.5). Кроме этого, для исключения ошибочной установки модуля с памятью DDR-II в слот для памяти DDR, ключ правильной установки модуля памяти в слот расширения (в виде прорези со стороны контактов) несколько смещен от аналогичного ключа для 184 контактных модулей DIMM.

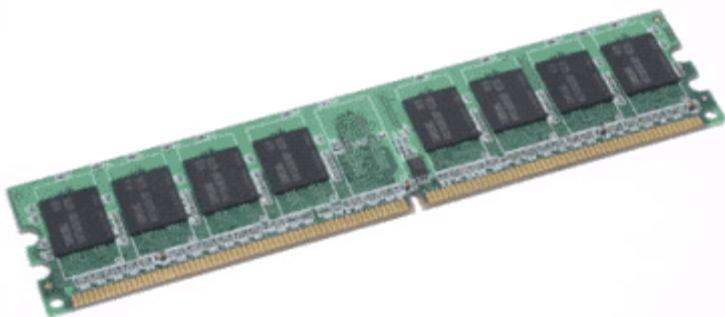


Рисунок 8.1.5.

Повышение производительности модулей памяти при 64 разряднойшине данных в основном достигается повышением частоты шины, с которой работает модуль памяти DDR-II.

Широко используются следующие разновидности оперативной памяти стандарта DDR-II: DDR-II 533 (PC4200) и DDR-II 667 (PC5300). В перспективе будут доступны модули DDR-II 800 (PC6400). Одним из сдерживающих факторов повышения производительности модулей памяти является высокое тепловыделение при повышении частоты шины и, как следствие, увеличение количества ошибок чтения/записи данных, поэтому одним из значительных технологических решений является разработка технологии двухканальной памяти, позволившей практически в два раза увеличить производительность подсистемы оперативной памяти персонального компьютера. Суть данной технологии заключается в одновременной работе процессора с двумя модулями памяти. В этом случае запись и чтение данных осуществляется параллельно, тем самым, без каких-либо конструктивных изменений модулей памяти в два раза была увеличена шина данных. Управление этим процессом осуществляется специальный контроллер двухканальной памяти, интегрированный в чипсет или в ядро процессора, как в некоторых моделях процессоров компании AMD.

Кроме внешних отличий, память DDR-II имеет ряд архитектурных особенностей, позволяющих заметно расширить ее производительность, например, технология 4-х битовой предвыборки, позволяющая произвести четыре процедуры записи/чтения за один тактовый цикл.

На практике с появлением памяти DDR-II оказалось, что большинство модулей памяти имеют достаточно высокую латентность, что фактически ограничивает производительность DDR-II до уровня обычной DDR памяти, работающей на той же частоте. С учетом этого была сохранена совместимость DDR-II с обычной DDR памятью. В этом случае системные платы выпускаются с поддержкой обоих типов памяти.

Для снижения тепловыделения новых модулей памяти напряжение питания было уменьшено с 2.5 В (DDR) до 1.8 В.

Постоянная память ROM (Read Only Memory) предназначена для хранения неизменяемой информации. Наличие постоянной памяти в ПК обусловлено необходимостью выполнения первоначальных действий до загрузки операционной системы при запуске компьютера. В постоянной памяти записаны команды, которые компьютер выполняет сразу после включения питания. Механизм запуска ПК основан на том, что при включении ПК микропроцессор обращается по специальному стартовому адресу, который ему всегда известен, за своей первой командой. Этот адрес указывает на постоянную память, которая физически размещается в постоянном запоминающем устройстве (ПЗУ). Микросхема ПЗУ способна продолжительное время сохранять информацию даже при отключенном компьютере, поэтому постоянную память также называют энергонезависимой памятью.

Для хранения информации о текущей конфигурации ПК, используемой при первоначальной загрузке программами BIOS, в состав внутренней памяти также входит микросхема энергонезависимой памяти (конструктивно расположена на системной плате), которая называется CMOS RAM. От оперативной памяти CMOS память отличается тем, что ее содержимое не пропадает при отключении компьютера, а от постоянной памяти она отличается тем, что данные можно заносить туда и изменять самостоятельно в зависимости от того, какое оборудование входит в состав системы. Под энергонезависимостью этой памяти понимается ее независимость от состояния ПК (включен или выключен). В действительности микросхема памяти CMOS постоянно питается от небольшого элемента питания, расположенного на системной плате.

Как уже отмечалось, в противоположность внутренней памяти, внешняя память используется для длительного хранения большого объема данных и программ.

## Лекция №9. Мониторы и видеоадаптеры

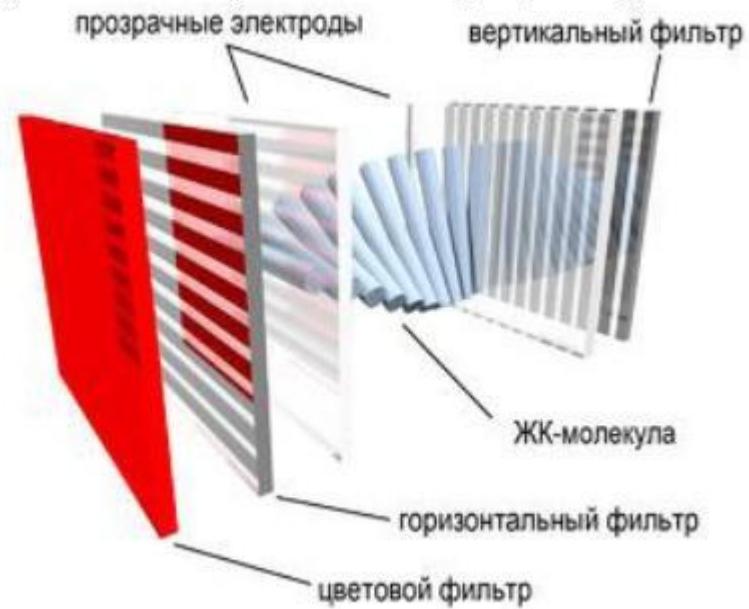
ЖК-монитор

Жидко кристаллический монитор (также Жидкокристаллический дисплей, ЖКД, ЖК-монитор, англ. liquid crystal display, LCD, плоский индикатор) - плоский монитор на основе жидких кристаллов. ЖК мониторы были разработаны 1963г.

LCD TFT (англ. TFT - thin film transistor - тонкопленочный транзистор) - одно из названий жидкокристаллического дисплея, в котором используется активная матрица, управляемая тонкопленочными транзисторами. Усилитель TFT для каждого субпикселя применяется для повышения быстродействия, контрастности и четкости изображения дисплея.

#### Устройство ЖК-монитора

Изображение формируется с помощью отдельных элементов, как правило, через систему развертки. Простые приборы (электронные часы, телефоны, плееры, термометры и пр.) могут иметь монохромный или 2-5 цветный дисплей. Многоцветное изображение формируется с помощью RGB - триад. В большинстве настольных мониторов на основе TN -(и некоторых \*VA ) матриц, и во всех дисплеях ноутбуков используются матрицы с 18-битным цветом(6 бит на канал), 24-битность эмулируется мерцанием с дизерингом.



#### Субпиксель цветного ЖК-дисплея

Каждый пиксель ЖК-дисплея состоит из слоя молекул между двумя прозрачными электродами, и двух поляризационных фильтров, плоскости поляризации которых (как правило) перпендикулярны. В отсутствие жидких кристаллов свет, пропускаемый первым фильтром, практически полностью блокируется вторым.

Поверхность электродов, контактирующая с жидкими кристаллами, специально обработана для изначальной ориентации молекул в одном направлении. В TN -матрице эти направления взаимно перпендикулярны, поэтому молекулы в отсутствие напряжения выстраиваются в винтовую структуру. Эта структура преломляет свет таким образом, что до второго

фильтра плоскость его поляризации поворачивается, и через него свет проходит уже без потерь. Если не считать поглощения первым фильтром половины неполяризованного света - ячейку можно считать прозрачной. Если же к электродам приложено напряжение - молекулы стремятся выстроиться в направлении поля, что искажает винтовую структуру. При этом силы упругости противодействуют этому, и при отключении напряжения молекулы возвращаются в исходное положение. При достаточной величине поля практически все молекулы становятся параллельны, что приводит к непрозрачности структуры. Варьируя напряжение, можно управлять степенью прозрачности. Если постоянное напряжение приложено в течении долгого времени - жидкокристаллическая структура может деградировать из-за миграции ионов. Для решения этой проблемы применяется переменный ток, или изменение полярности поля при каждой адресации ячейки (непрозрачность структуры не зависит от полярности поля). Во всей матрице можно управлять каждой из ячеек индивидуально, но при увеличении их количества это становится трудновыполнимо, так как растет число требуемых электродов. Поэтому практически везде применяется адресация по строкам и столбцам. Проходящий через ячейки свет может быть естественным - отраженным от подложки(в ЖК-дисплеях без подсветки). Но чаще применяют искусственный источник света, кроме независимости от внешнего освещения это также стабилизирует свойства полученного изображения. Таким образом полноценный ЖК-монитор состоит из электроники, обрабатывающей входной видеосигнал, ЖК-матрицы, модуля подсветки, блока питания и корпуса. Именно совокупность этих составляющих определяет свойства монитора в целом, хотя некоторые характеристики важнее других.

#### Технические характеристики ЖК-монитора

**Разрешение:** Горизонтальный и вертикальный размеры, выраженные в пикселях. В отличие от ЭЛТ-мониторов, ЖК имеют одно, "родное", физическое разрешение, остальные достигаются интерполяцией.

**Размер точки:** расстояние между центрами соседних пикселов. Непосредственно связан с физическим разрешением.

**Соотношение сторон экрана(формат):** Отношение ширины к высоте, например: 5:4, 4:3, 5:3, 8:5, 16:9, 16:10.

**Видимая диагональ:** размер самой панели, измеренный по диагонали. Площадь дисплеев зависит также от формата: монитор с форматом 4:3 имеет большую площадь, чем с форматом 16:9 при одинаковой диагонали.

**Контрастность:** отношение яркостей самой светлой и самой темной точек. В некоторых мониторах используется аддитивный уровень подсветки с использованием дополнительных ламп, приведенная для них цифра контрастности(так называемая динамическая) не относится к статическому изображению.

**Яркость:** количество света, излучаемое дисплеем, обычно измеряется в канделях на квадратный метр.

**Время отклика:** минимальное время, необходимое пикселу для изменения своей яркости. Методы измерения неоднозначны.

Угол обзора: угол, при котором падение контраста достигает заданного, для разных типов матриц и разными производителями считается по-разному, и часто сравнению не подлежит.

Тип матрицы: технология, по которой изготовлен ЖК-дисплей  
Входы: (напр, DVI, D-SUB, HDMI и пр.).

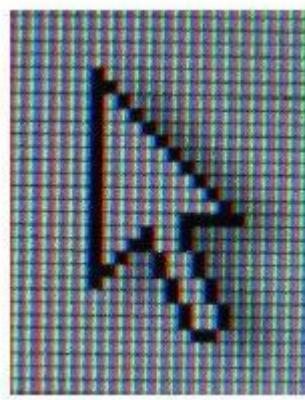
## Технологии



Основные технологии при изготовлении ЖК дисплеев: TN+film, IPS и MVA. Различаются эти технологии геометрией поверхностей, полимера, управляющей пластины и фронтального электрода. Большое значение имеют чистота и тип полимера со свойствами жидких кристаллов, примененный в конкретных разработках. Время отклика ЖК мониторов, сконструированных по технологии SXRD (англ. Silicon X-tal Reflective Display) - кремниевая отражающая жидкокристаллическая матрица), уменьшено до 5 мс. Компании Sony, Sharp и Philips совместно разработали технологию PALC (англ. Plasma Addressed Liquid Crystal - плазменное управление жидкими кристаллами), которая соединила в себе преимущества LCD (яркость и сочность цветов, контрастность) и плазменных панелей (большие углы видимости по горизонту, H, и вертикали, V, высокую скорость обновления). В качестве регулятора яркости в этих дисплеях используются газоразрядные плазменные ячейки, а для цветовой фильтрации применяется ЖК-матрица. Технология PALC позволяет адресовать каждый пиксель дисплея по отдельности, а это означает непревзойденную управляемость и качество изображения.

TN+film (Twisted Nematic + film)

Макрофотография TN+film матрицы монитора NEC LCD1770NX. На белом фоне - стандартный курсор Windows.



Часть " film " в названии технологии означает дополнительный слой, применяемый для увеличения угла обзора (ориентировочно - от 90° до 150°). В настоящее время приставку " film " часто опускают, называя такие матрицы просто TN. К сожалению, способа улучшения контрастности и времени отклика для панелей TN пока не нашли, причем время отклика у данного типа матриц является на существующий момент одно из лучших, а вот уровень контрастности - нет.

Матрица TN + film работает следующим образом: если к субпикселям не прилагается напряжение, жидкые кристаллы (и поляризованный свет, который они пропускают) поворачиваются друг относительно друга на 90° в горизонтальной плоскости в пространстве между двумя пластинами. И так как направление поляризации фильтра на второй пластине составляет угол в 90° с направлением поляризации фильтра на первой пластине, свет проходит через него. Если красные, зеленые и синие субпиксели полностью освещены, на экране образуется белая точка.

### IPS (In-Plane Switching)

Технология In-Plane Switching была разработана компаниями Hitachi и NEC и предназначалась для избавления от недостатков TN + film. Однако, хотя с помощью IPS удалось добиться увеличения угла обзора до 170°, а также высокой контрастности и цветопередачи, время отклика осталось на низком уровне.

Если к матрице IPS не приложено напряжение, молекулы жидких кристаллов не поворачиваются. Второй фильтр всегда повернут перпендикулярно первому, и свет через него не проходит. Поэтому отображение черного цвета близко к идеалу. При выходе из строя транзистора "битый" пиксель для панели IPS будет не белым, как для матрицы TN, а черным.

При приложении напряжения молекулы жидких кристаллов поворачиваются перпендикулярно своему начальному положению и пропускают свет.

IPS в настоящее время вытеснено технологией S-IPS ( Super-IPS, Hitachi 1998 год), которая наследует все преимущества технологии IPS с одновременным уменьшением времени отклика. Но, несмотря на то, что

цветность S-IPS панелей приблизилась к обычным мониторам CRT, контрастность все равно остается слабым местом. S-IPS активно используется в панелях размером от 20", LG.Philips и NEC остаются единственными производителями панелей по данной технологии.

Макрофотография S-IPS матрицы монитора NEC 20 WGX2 Pro. На оранжевом фоне- стандартный курсор Windows.



AS-IPS - технология Advanced Super IPS (Расширенная Супер- IPS ), также была разработана корпорацией Hitachi в 2002 году. В основном улучшения касались уровня контрастности обычных панелей S-IPS, приблизив его к контрастности S-PVA панелей. AS-IPS также используется в качестве названия для мониторов корпорации NEC (например NEC LCD20WG2 ) созданных по технологии S-IPS, разработанной консорциумом LG.Philips.

A-TW-IPS - Advanced True White IPS (Расширенная IPS с Настоящим Белым), разработано LG.Philips для корпорации NEC. Представляет собой S-IPS панель с цветовым фильтром TW (True White - Настоящий белый) для придания белому цвету большей реалистичности и расширению цветового диапазона. Этот тип панелей используется при создании профессиональных мониторов для использования в фотолабораториях и/или издаельствах.

AFFS - Advanced Fringe Field Switching (неофициальное название S-IPS Pro ). Технология является дальнейшим улучшением IPS, разработана компанией BOE Hydis в 2003 году. Усиленная мощность электрического поля позволила добиться еще больших углов обзора и яркости, а также уменьшить межпиксельное расстояние. Дисплеи на основе AFFS в основном применяются в планшетных ПК, на матрицах производства Hitachi Displays.

\*VA (Vertical Alignment)

MVA - Multi-domain Vertical Alignment. - Эта технология разработана компанией Fujitsu как компромисс между TN и IPS технологиями. Горизонтальные и вертикальные углы обзора для матриц MVA составляют 160°(на современных моделях мониторов до 176-178 градусов), время отклика, правда, примерно в 2 раза больше, чем для матриц S-IPS, а вот цвета отображаются гораздо более точно, чем на старых TN+Film.

MVA стала наследницей технологии VA, представленной в 1996 году компанией Fujitsu. Жидкие кристаллы матрицы VA при выключенном напряжении выровнены перпендикулярно по отношению ко второму фильтру, то есть не пропускают свет. Приложении напряжения кристаллы поворачиваются на 90°, и на экране появляется светлая точка. Как и в IPS - матрицах, пиксели при отсутствии напряжения не пропускают свет, поэтому при выходе из строя видны как черные точки.

Достоинствами технологии MVA являются глубокий черный цвет и отсутствие, как винтовой структуры кристаллов, так и двойного магнитного поля.

Недостатки MVA в сравнении с S-IPS: пропадание деталей в тенях при перпендикулярном взгляде, зависимость цветового баланса изображения от угла зрения, большее время отклика.

Аналогами MVA являются технологии:

PVA (Patterned Vertical Alignment) от Samsung.

Super PVA от Samsung.

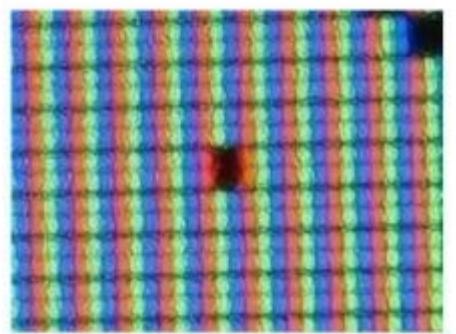
Super MVA от СМО.

Матрицы MVA/PVA считаются компромиссом между TN и IPS, как по стоимости, так и по потребительским качествам

Преимущества и недостатки



*Искажение изображения на ЖК-мониторе при большом угле обзора*



*Макрофотография типичной ЖК-матрицы. В центре можно увидеть два дефектных субпикселя (зелёный и синий).*

В настоящее время ЖК-мониторы являются основным, бурно развивающимся направлением в технологии мониторов. К их преимуществам можно отнести: малый размер и вес в сравнении с ЭЛТ. У ЖК-мониторов, в отличие от ЭЛТ, нет видимого мерцания, дефектов фокусировки и сведения лучей, помех от магнитных полей, проблем с геометрией изображения и четкостью. Энергопотребление ЖК-мониторов в 2-4 раза меньше, чем у ЭЛТ и плазменных экранов сравнимых размеров. Энергопотребление ЖК мониторов на 95 % определяется мощностью ламп подсветки или светодиодной матрицы подсветки (англ. *backlight* - задний свет) ЖК-матрицы. Во многих современных мониторах для настройки пользователем яркости свечения экрана используется широтно-импульсная модуляция ламп подсветки частотой от 150 до 400 и более Герц. Светодиодная подсветка в

основном используется в небольших дисплеях, хотя в последние годы она все шире применяется в ноутбуках и даже в настольных мониторах. Несмотря на технические трудности ее реализации, она имеет и очевидные преимущества перед флуоресцентными лампами, например более широкий спектр излучения, а значит, и цветовой охват. С другой стороны, ЖК-мониторы имеют и некоторые недостатки, часто принципиально трудноустранимые, например:

В отличие от ЭЛТ, могут отображать четкое изображение лишь в одном ("штатном") разрешении. Остальные достигаются интерполяцией с потерей четкости. Причем слишком низкие разрешения (например 320x200) вообще не могут быть отображены на многих мониторах. Цветовой охват и точность цветопередачи ниже, чем у плазменных панелей и ЭЛТ соответственно. На многих мониторах есть неустранимая неравномерность передачи яркости (полосы в градиентах).

Многие из ЖК-мониторов имеют сравнительно малый контраст и глубину черного цвета. Повышение фактического контраста часто связано с простым усилением яркости подсветки, вплоть до некомфортных значений. Широко применяемое глянцевое покрытие матрицы влияет лишь на субъективную контрастность в условиях внешнего освещения. Из-за жестких требований к постоянной толщине матриц существует проблема неравномерности однородного цвета (неравномерность подсветки).

Фактическая скорость смены изображения также остается ниже, чем у ЭЛТ и плазменных дисплеев. Технология overdrive решает проблему скорости лишь частично.

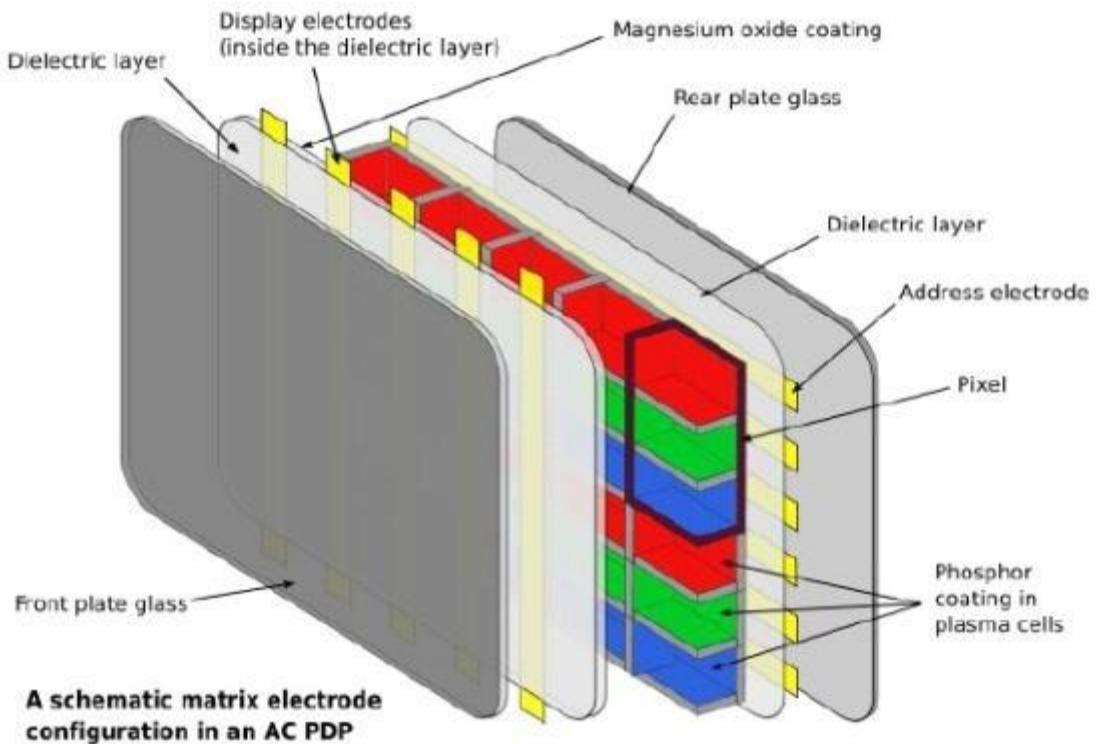
Зависимость контраста от угла обзора до сих пор остается существенным минусом технологии.

Массово производимые ЖК-мониторы более уязвимы, чем ЭЛТ. Особенно чувствительна матрица, незащищенная стеклом. При сильном нажатии возможна необратимая деградация. Также существует проблема дефектных пикселей.

### Плазменная панель

Газоразрядный экран (также широко применяется английская калька "плазменная панель") - устройство отображения информации, монитор, использующее в своей работе явления электрического разряда в газе и возбуждаемого им свечения люминофора.

### Конструкция



Плазменная панель представляет собой матрицу газонаполненных ячеек, заключенных между двумя параллельными стеклянными поверхностями. В качестве газовой среды обычно используется неон или ксенон. Разряд в газе протекает между прозрачным электродом на лицевой стороне экрана и адресными электродами, проходящими по его задней стороне. Газовый разряд вызывает ультрафиолетовое излучение, которое, в свою очередь, инициирует видимое свечение люминофора. В цветных плазменных панелях каждый пиксель экрана состоит из трех идентичных микроскопических полостей, содержащих инертный газ (ксенон) и имеющих два электрода, спереди и сзади. После того, как к электродам будет приложено сильное напряжение, плазма начнет перемещаться. При этом она излучает ультрафиолетовый свет, который попадает на люминофоры в нижней части каждой полости. Люминофоры излучают один из основных цветов: красный, зеленый или синий. Затем цветной свет проходит через стекло и попадает в глаз зрителя. Таким образом, в плазменной технологии пиксели работают, подобно люминесцентным трубкам, но создание панелей из них довольно проблематично. Первая трудность - размер пикселя. Суб-пиксель плазменной панели имеет объем 200 мкм x 200 мкм x 100 мкм, а на панели нужно уложить несколько миллионов пикселей, один к одному. Во-вторых, передний электрод должен быть максимально прозрачным. Для этой цели используется оксид индия и олова, поскольку он проводит ток и прозрачен. К сожалению, плазменные панели могут быть такими большими, а слой оксида настолько тонким, что при протекании больших токов на сопротивлении проводников будет падение напряжения, которое сильно уменьшит и исказит сигналы.

Поэтому приходится добавлять промежуточные соединительные проводники из хрома - он проводит ток намного лучше, но, к сожалению, непрозрачен.



Также, требуется подобрать правильные люминофоры. Они зависят от требуемого цвета:

Зеленый:  $Zn_2SiO_4:Mn^{2+}$  /  $BaAl_12O_19:Mn^{2+}$

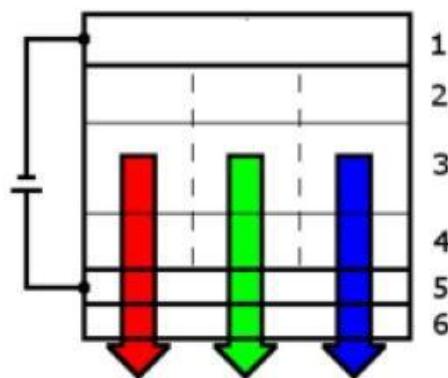
Красный:  $Y_2O_3:Eu^{3+}$  /  $Y_0,65Gd_0,35BO_3:Eu^{3+}$

Синий:  $BaMgAl_10O_17:Eu^{2+}$

Три этих люминофора дают свет с длиной волны между 510 и 525 нм для зеленого, 610 нм для красного и 450 нм для синего.

Последней проблемой остается адресация пикселей, поскольку, как мы уже видели, чтобы получить требуемый оттенок нужно менять интенсивность цвета независимо для каждого из трех суб-пикселей. На плазменной панели 1280x768 пикселей присутствует примерно три миллиона суб-пикселей, что дает шесть миллионов электродов. Как вы понимаете, проложить шесть миллионов дорожек для независимого управления суб-пикселями невозможно, поэтому дорожки необходимо мультиплексировать. Передние дорожки обычно выстраивают в цельные строчки, а задние - в столбцы. Встроенная в плазменную панель электроника с помощью матрицы дорожек выбирает пиксель, который необходимо зажечь на панели. Операция происходит очень быстро, поэтому пользователь ничего не замечает, - подобно сканированию лучом на ЭЛТ-мониторах.

## OLED



OLED (англ. Organic Light-Emitting Diode - органический светодиод) - многослойные тонкопленочные структуры, изготовленные из органических соединений, которые эффективно излучают свет при пропускании через них электрического тока. Основное применение технологии OLED находит при создании устройств отображения информации (дисплеев).

### Принцип действия

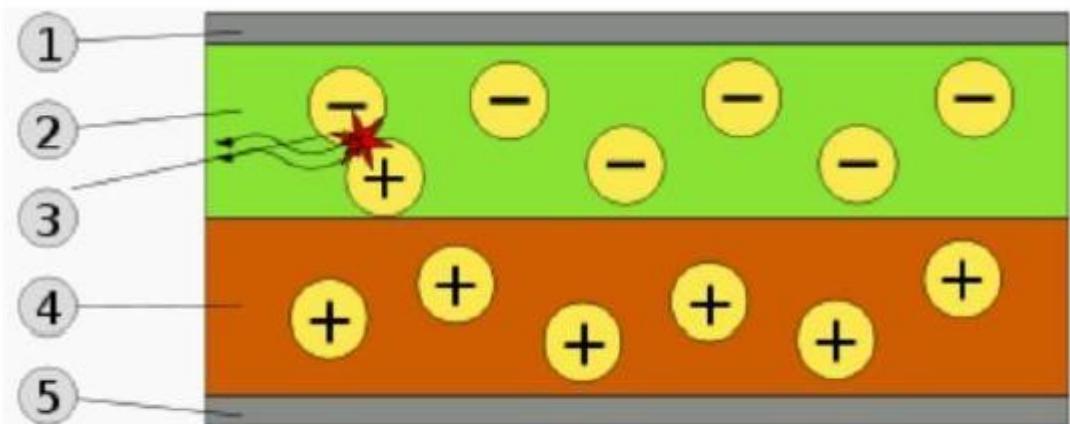


Схема 2x слойной OLED-панели: 1. Катод(-), 2. Эмиссионный слой, 3. Выделенное излучение, 4. Проводящий слой, 5. Анод (+)

Для создания органических светодиодов (OLED) используются тонкопленочные многослойные структуры, состоящие из слоев нескольких полимеров. При пропускании через такую структуру электрического тока инжектируемые из контактов электроны и дырки по слоям 2 и 4 с высокой электронной и дырочной проводимостью подводятся к активной области 3, в которой они захватываются на электронные состояния молекулы красителя и возбуждают в ней флуоресцентное или фосфоресцентное излучение.

Преимущества в сравнении с LCD-дисплеями  
меньшие габариты и вес  
отсутствие необходимости в подсветке  
отсутствие такого параметра как угол обзора - изображение видно без потери качества с любого угла

более качественная цветопередача (высокий контраст)  
более низкое энергопотребление при той же яркости  
возможность создания гибких экранов

Яркость. Максимальная яркость OLED - 100 000 кд/кв. м. (У ЖК-панелей максимум составляет 500 кд/кв. м, причем такая яркость в ЖКИ достигается только при определенных условиях). При освещении LCD-дисплея ярким лучом света появляются блики, а картинка на OLED-экране останется яркой и насыщенной при любом уровне освещенности (даже при прямом попадании солнечных лучей на дисплей).

Контрастность. Здесь OLED также лидер. Устройства, снабженные OLED-дисплеями, обладают контрастностью 1000000:1 (Контрастность LCD 1300:1, CRT 2000:1)

Углы обзора. Технология OLED позволяет смотреть на дисплей с любой стороны и под любым углом, причем без потери качества изображения.

Энергопотребление. Достаточно низкое энергопотребление - около 25Вт (у LCD - 25-40Вт). КПД OLED-дисплея близко к 100 %, у LCD -90 %. Энергопотребление же FOLED, PHOLED еще ниже.

Основные направления исследований разработчиков OLED-панелей Схема 2х слойной OLED -панели: 1. Катод(-), 2. Горячий катод, 3. Выделение излучения, 4. Проводящий слой, 5. Анод (+)

### PHOLED

PHOLED (Phosphorescent OLED) - используют принцип электрофосфоресценции, чтобы преобразовать до 100 % электрической энергии в свет. К примеру, традиционные флуоресцентные OLED преобразовывают в свет приблизительно 25-30 % электрической энергии. Из-за их чрезвычайно высокого уровня эффективности энергии, даже по сравнению с другим OLED, PHOLED изучаются для потенциального использования в больших дисплеях типа телевизионных мониторов или экранов для потребностей освещения. Потенциальное использование PHOLED для освещения: можно покрыть стены гигантскими PHOLED -дисплеями. Это позволило бы всем комнатам освещаться равномерно, вместо использования лампочек, которые распределяют свет неравномерно по комнате. Также к преимуществом PHOLED -дисплеев можно отнести яркие, насыщенные цвета, а также достаточно долгий срок службы.

### TOLED

TOLED - прозрачные светоизлучающие устройства

TOLED ( Transparent and Top-emitting OLED ) - технология, позволяющая создавать прозрачные ( Transparent ) дисплеи, а также достигнуть более высокого уровня контрастности.

Прозрачные TOLED -дисплеи: направление излучения света может быть только вверх, только вниз или в оба направления (прозрачный). TOLED может существенно улучшить контраст, что улучшает читабельность дисплея при ярком солнечном свете.

Так как TOLED на 70 % прозрачны при выключении, то их можно крепить прямо на лобовое стекло автомобиля, на витрины магазинов или для установки в шлеме виртуальной реальности.. Также прозрачность TOLED позволяет использовать их с металлом, фольгой, кремниевым кристаллом и другими непрозрачными подложками для дисплеев с отображением вперед (могут использоваться в будущих динамических кредитных картах). Прозрачность экрана достигается при использовании прозрачных органических элементов и материалов для изготовления электродов.

### FOLED

FOLED (Flexible OLED) - главная особенность - гибкость OLED- дисплея. Используется пластик или гибкая металлическая пластина в качестве подложки с одной стороны, и OLED -ячеек и герметичной тонкой защитной пленки - с другой. Преимущества FOLED: ультратонкость дисплея, сверхнизкий вес, прочность, долговечность и гибкость, которая позволяет применять OLED- панели в самых неожиданных местах. (Раздолье для фантазии - область возможного применения OLED весьма велика).

### SOLED

Staked OLED - технология экрана от UDC (сложенные OLED ). SOLED используют следующую архитектуру: изображение подпикселов складывается (красные, синие и зеленые элементы в каждом пикселе) вертикально вместо того, чтобы располагаться рядом, как это происходит в ЖКИ-дисплее или электронно-лучевой трубке. В SOLED каждым элементом подпикселя можно управлять независимо. Цвет пикселя может быть отрегулирован при изменении тока, проходящего через три цветных элемента (в нецветных дисплеях используется модуляция ширины импульса). Яркостью управляют, меняя силу тока. Приемущества SOLED: высокая плотность заполнения дисплея органическими ячейками, посредством чего достигается хорошее разрешение, а значит, высококачественная картинка.(В SOLED -дисплеях в 3 раза улучшено качество изображения в сравнении с ЖКИ и ЭЛТ).

### Passive/Active Matrix

Каждый пиксель цветного OLED -дисплея формируется из трех составляющих - органических ячеек, отвечающих за синий, зеленый и красный цвета. В основе OLED - пассивные и активные матрицы управления ячейками.



Пассивная матрица представляет собой массив анодов, расположенных строками, и катодов, расположенных столбцами. Чтобы подать заряд на определенный органический диод, необходимо выбрать нужный номер катода и анода, на пересечении которых находится целевой пиксель, и пустить ток. Используется в монохромных экранах с диагональю 2-3 дюйма (дисплеи сотовых телефонов, электронных часов, различные информационные экраны техники). Активная матрица: как и в случае LCD -мониторов, для управления каждой ячейкой OLED используются транзисторы, запоминающие

необходимую для поддержания светимости пикселя информацию. Управляющий сигнал подается на конкретный транзистор, благодаря чему ячейки обновляются достаточно быстро. Используется технология TFT (Thin Film Transistor) - тонкопленочного транзистора. Создается массив транзисторов в виде матрицы, который накладывается на подложку прямо под органический слой дисплея. Слой TFT формируется из поликристального или аморфного кремния. Также идут разработки O-TFT (Organic TFT) - технологии органических транзисторов.

#### Трудности

Маленький срок службы люминофоров некоторых цветов (порядка 2-3 лет)

Как следствие первого, невозможность создания долговечных полноценных TrueColor дисплеев

Дороговизна и неотработанность технологии по созданию больших матриц

Главная проблема для OLED - время непрерывной работы должно быть не меньше 15 тыс. часов, а "красный" OLED и "зеленый" OLED могут непрерывно работать на десятки тысяч часов дольше, чем "синий" OLED.

Это визуально искажает изображение.

#### Видеокарта

Видеокарта (известна также как графическая плата, графическая карта, видеоадаптер) (англ. videocard) - устройство, преобразующее изображение, находящееся в памяти компьютера, в видеосигнал для монитора.

Обычно видеокарта является платой расширения и вставляется в разъем расширения, универсальный (ISA, VLB, PCI, PCI-Express) или специализированный (AGP), но бывает и встроенной (интегрированной).

Современные видеокарты не ограничиваются простым выводом изображения, они имеют встроенный графический микропроцессор, который может производить дополнительную обработку, разгружая от этих задач центральный процессор компьютера. Например, все современные видеокарты NVIDIA и AMD(ATi) поддерживают приложения OpenGL на аппаратном уровне.

Видеокарты имеют следующие стандарты

Расшифровка			
1981	MDA	Monochrome Display Adapter	IBM PC
1982	HGC	Hercules Graphics Controller -графический адаптер Геркулес	Hercules
	CGA	Color Graphics Adapter	IBM

	EGA	Enhanced Graphics Adapter	IBM
	MCGA	Multicolor Graphics Adapter	IBM
1987	VGA	Video Graphics Array	IBM
1991	SVGA	Super VGA - "сверх" VGA	

### Адаптер VGA Video Graphics Array

В компьютерах PS/2 большинство схем видеоадаптера расположены на системной плате. Этот видеоадаптер содержит все электронные схемы, необходимые для поддержки спецификации VGA, на одной полноразмерной плате с 8-битовым интерфейсом.

BIOS VGA - это программа, предназначенная для управления схемами VGA. Через BIOS программы могут инициировать некоторые процедуры и функции VGA, не обращаясь при этом к адаптеру.

Вся аппаратура VGA обеспечивает отображение до 256 оттенков на экране из палитры в 262 144 цвета (256 Кбайт). Для этого используется аналоговый монитор.

Если при загрузке системы возникают проблемы, то она загружается в безопасном режиме, где по умолчанию используется адаптер VGA в режиме 640x480, 16 цветов.

SuperVGA Super Video Graphics Array. Обеспечивает более высокое разрешение, чем стандарт VGA. Поддерживает режимы работы с разрешением 800?600, 1024?768, 1280?1024 точек (и более) с одновременным выводом на экран 2 в 4, 8, 16, 32 степени количеством цветов.

С адаптерами SVGA различных моделей от разных производителей можно общаться через единый программный интерфейс VESA

Существующий стандарт VESA на платы SVGA предусматривает использование практически всех распространенных вариантов форматов изображения и кодирования цветовых оттенков, вплоть до разрешения 1280x1024 пикселей при 16 777 216 оттенках (24-битовое кодирование цвета).

Современная видеокарта состоит из следующих частей: Bios (Basic Input/Output System - базовая система ввода-вывода). BIOS видеоадаптера содержит основные команды, которые предоставляют интерфейс между оборудованием видеоадаптера и программным обеспечением. BIOS, которую можно модифицировать с помощью программного обеспечения, называется flash BIOS.



Графический процессор (Graphics processing unit - графическое процессорное устройство) - занимается расчетами выводимого изображения, освобождая от этой обязанности центральный процессор, производит расчеты для обработки команд трехмерной графики. Является основой графической платы, именно от него зависят быстродействие и возможности всего устройства. Современные графические процессоры по сложности мало чем уступают центральному процессору компьютера, и зачастую превосходят его как по числу транзисторов, так и по вычислительной мощности, благодаря большому числу универсальных вычислительных блоков. Однако, архитектура GPU прошлого поколения обычно предполагает наличие нескольких блоков обработки информации, а именно: блок обработки 2D-графики, блок обработки 3D-графики, в свою очередь, обычно разделяющийся на геометрическое ядро (плюс кэш вершин) и блок растеризации (плюс кэш текстур) и др.

Видеоконтроллер - отвечает за формирование изображения в видеопамяти, дает команды RAMDAC на формирование сигналов развертки для монитора и осуществляет обработку запросов центрального процессора. Кроме этого, обычно присутствуют контроллер внешней шины данных (например, PCI или AGP), контроллер внутренней шины данных и контроллер видеопамяти. Ширина внутренней шины и шины видеопамяти обычно больше, чем внешней (64, 128 или 256 разрядов против 16 или 32), во многие видеоконтроллеры встраивается еще и RAMDAC. Современные графические адаптеры (ATI, nVidia) обычно имеют не менее двух видеоконтроллеров, работающих независимо друг от друга и управляющих одновременно одним или несколькими дисплеями каждый.

Видеопамять - выполняет роль кадрового буфера, в котором хранится изображение, генерируемое и постоянно изменяющееся графическим процессором и выводимое на экран монитора (или нескольких мониторов). В видеопамяти хранятся также промежуточные невидимые на экране элементы изображения и другие данные. Видеопамять бывает нескольких типов, различающихся по скорости доступа и рабочей частоте. Современные

видеокарты комплектуются памятью типа DDR, DDR2, GDDR3, GDDR4 и GDDR5. Следует также иметь в виду, что помимо видеопамяти, находящейся на видеокарте, современные графические процессоры обычно используют в своей работе часть общей системной памяти компьютера, прямой доступ к которой организуется драйвером видеоадаптера через шину AGP или PCIE.

Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП, RAMDAC - Random Access Memory Digital-to-Analog Converter) - служит для преобразования изображения, формируемого видеоконтроллером, в уровне интенсивности цвета, подаваемые на аналоговый монитор.

Видео-ПЗУ (Video ROM) - постоянное запоминающее устройство, в которое записаны видео- BIOS, экранные шрифты, служебные таблицы и т. п. ПЗУ не используется видеоконтроллером напрямую - к нему обращается только центральный процессор. Хранящийся в ПЗУ видео- BIOS обеспечивает инициализацию и работу видеокарты до загрузки основной операционной системы, а также содержит системные данные, которые могут читаться и интерпретироваться видеодрайвером в процессе работы (в зависимости от применяемого метода разделения ответственности между драйвером и BIOS ). На многих современных картах устанавливаются электрически перепрограммируемые ПЗУ ( EEPROM, Flash ROM ), допускающие перезапись видео- BIOS самим пользователем при помощи специальной программы.

Система охлаждения -предназначена для сохранения температурного режима видеопроцессора и видеопамяти в допустимых пределах.

#### Характеристики

Ширина шины памяти, измеряется в битах - количество бит информации, передаваемой за такт. Важный параметр в производительности карты.

Объем видеопамяти, измеряется в мегабайтах - объем встроенной оперативной памяти видеокарты.

Частоты ядра и памяти - измеряются в мегагерцах, чем больше, тем быстрее видеокарта будет обрабатывать информацию.

Техпроцесс - технология изготовления основных микросхем видеокарты, указывается характерный размер, измеряемый в нанометрах (нм), современные микросхемы выпускаются по 90-, 80- 65 или 55-нм нормам техпроцесса. Чем меньше данный параметр, тем больше элементов можно уместить на кристалле микросхемы.

Текстурная и пиксельная скорость заполнения, измеряется в млн. пикселов в секунду, показывает количество выводимой информации в единицу времени.

Выводы карты - первоначально видеоадаптер имел всего один разъем VGA (15-контактный D-Sub ). В настоящее время платы оснащают одним или двумя разъемами DVI или HDMI, либо Display Port. Порты D-

SUB, DVI и HDMI являются эволюционными стадиями развития стандарта передачи видеосигнала, поэтому для соединения устройств с этими типами портов возможно использование переходников. Display Port позволяет подключать до четырех устройств, в том числе акустические системы, USB - концентраторы и иные устройства ввода-вывода. На видеокарте также возможно размещение композитных и S-Video видеовыходов и видеовходов (обозначаются, как ViVo ).

### Шина интерфейс

Первое препятствие к повышению быстродействия видеосистемы - это интерфейс передачи данных, к которому подключен видеоадаптер. Самой первой шиной использовавшейся в IBM PC была XT-Bus, она имела разрядность 8 бит данных и 20 бит адреса и работала на частоте 4,77 МГц. Далее появилась шина ISA (Industry Standard Architecture - архитектура промышленного стандарта), соответственно она имела разрядность 16/24 бит и работала на частоте 8 МГц. Пиковая пропускная способность составляла чуть больше 5,5 МиБ/с. Этого более чем хватало для отображения текстовой информации и игр с шестнадцатицветной графикой. Дальнейшим рывком явилось появление шины MCA (Micro Channel Architecture) в новой серии компьютеров PS/2 фирмы IBM. Она уже имела разрядность 32/32 бит и пиковую пропускную способность 40 МиБ/с. С появлением процессоров серии 486 появилась локальная шина VLB (VESA Local Bus - локальная шина стандарта VESA). Работая на внешней тактовой частоте процессора, которая составляла от 25 МГц до 50 МГц, и имея разрядность 32 бит, шина VLB обеспечивала пиковую пропускную способность около 130 МиБ/с. Видеоадаптер стал требовать высокую скорость обмена информацией, поэтому была разработана шина PCI (Peripheral Component Interconnect - объединение внешних компонентов. Тактовая частота шины 33 МГц и разрядность 32/32 бит, пропускная способность 133 МиБ/с - столько же, сколько и VLB. С появлением 3D-игр со сложной графикой, стало ясно, что пропускной способности PCI в том виде, в каком она существовала на платформе PC недостаточно. Фирма Intel модернизировала шину PCI, обеспечила отдельный доступ к памяти с поддержкой некоторых специфических запросов видеоадаптеров, и назвала это AGP (Accelerated Graphics Port - ускоренный графический порт). Разрядность шины AGP составляет 32 бит, рабочая частота 66 МГц, поддерживаются режимы передачи данных 1x, 2x, 4x, 8x, в этих режимах за один такт передаются соответственно одно, два, четыре или восемь 32-разрядных слов. Пиковая пропускная способность в режиме 1x - 266 МиБ/с. Выпуск видеоадаптеров на базе шинах PCI и AGP на настоящий момент ничтожно мал, так как шина AGP перестала удовлетворять современным требованиям для мощности новых ПК, и, кроме того, не может обеспечить необходимую мощность питания. Для решения этих проблем создано расширение шины PCI - E - PCI Express версий 1.0 и 2.0, это

последовательный, в отличие от AGP, интерфейс, его пропускная способность может достигать нескольких десятков ГБ/с.

### Видеопамять

Кроме шины данных, второе узкое место любого видеоадаптера - это пропускная способность (англ. bandwidth) памяти самого видеоадаптера. Причем, изначально проблема возникла даже не столько из-за скорости обработки видеоданных (это сейчас часто стоит проблема информационного "голода" видеоконтроллера, когда он данные обрабатывает быстрее, чем успевает их читать/писать из/в видеопамять), сколько из-за необходимости доступа к ним со стороны видеопроцессора, центрального процессора и RAMDAC'a. Дело в том, что при высоких разрешениях и большой глубине цвета для отображения страницы экрана на мониторе необходимо прочитать все эти данные из видеопамяти и преобразовать в аналоговый сигнал, который и пойдет на монитор, столько раз в секунду, сколько кадров в секунду показывает монитор. Возьмем объем одной страницы экрана при разрешении 1024x768 точек и глубине цвета 24 бит (True Color), это составляет 2,25 МиБ. При частоте кадров 75 Гц необходимо считывать эту страницу из памяти видеоадаптера 75 раз в секунду (считываемые пиксели передаются в RAMDAC и он преобразовывает цифровые данные о цвете пикселя в аналоговый сигнал, поступающий на монитор), причем, ни задержаться, ни пропустить пикселя нельзя, следовательно, номинально потребная пропускная способность видеопамяти для данного разрешения составляет приблизительно 170 МиБ/с, и это без учета того, что необходимо и самому видеоконтроллеру писать и читать данные из этой памяти. Для разрешения 1600x1200x32 бит при той же частоте кадров 75 Гц, номинально потребная пропускная составляет уже 550 МиБ/с, для сравнения, процессор Pentium-2 имел пиковую скорость работы с памятью 528 МиБ/с. Проблему можно было решать двояко - либо использовать специальные типы памяти, которые позволяют одновременно двум устройствам читать из нее, либо ставить очень быструю память. О типах памяти и пойдет речь ниже.

FPM DRAM (Fast Page Mode Dynamic RAM) - динамическое ОЗУ с быстрым страничным доступом) - основной тип видеопамяти, идентичный используемой в системных платах. Использует асинхронный доступ, при котором управляющие сигналы не привязаны жестко к тактовой частоте системы. Активно применялся примерно до 1996 г.

VRAM (Video RAM - видео ОЗУ) - так называемая двухпортовая DRAM. Этот тип памяти обеспечивает доступ к данным со стороны сразу двух устройств, то есть есть возможность одновременно писать данные в какую-либо ячейку памяти, и одновременно с этим читать данные из какой-нибудь соседней ячейки. За счет этого позволяет совмещать во времени вывод изображения на экран и его обработку в видеопамяти, что сокращает задержки при доступе и увеличивает скорость работы. То

есть RAMDAC может свободно выводить на экран монитора раз за разом экранный буфер ничуть не мешая видеопроцессору осуществлять какие-либо манипуляции с данными. Но это все та же DRAM и скорость у нее не слишком высокая.

WRAM (Window RAM) - вариант VRAM, с увеличенной на ~25 % пропускной способностью и поддержкой некоторых часто применяемых функций, таких как отрисовка шрифтов, перемещение блоков изображения и т. п. Применяется практически только на акселераторах фирмы Matrox и Number Nine, поскольку требует специальных методов доступа и обработки данных. Наличие всего одного производителя данного типа памяти (Samsung) сильно сократило возможности ее использования. Видеоадаптеры, построенные с использованием данного типа памяти, не имеют тенденции к падению производительности при установке больших разрешений и частот обновления экрана, на однопортовой же памяти в таких случаях RAMDAC все большее время занимает шину доступа к видеопамяти и производительность видеоадаптера может сильно упасть.

EDO DRAM (Extended Data Out DRAM) - динамическое ОЗУ с расширенным временем удержания данных на выходе) - тип памяти с элементами конвейеризации, позволяющий несколько ускорить обмен блоками данных с видеопамятью приблизительно на 25 %.

SDRAM (Synchronous Dynamic RAM) - синхронное динамическое ОЗУ) пришел на замену EDO DRAM и других асинхронных однопортовых типов памяти. После того, как произведено первое чтение из памяти или первая запись в память, последующие операции чтения или записи происходят с нулевыми задержками. Этим достигается максимально возможная скорость чтения и записи данных.

DDR SDRAM (Double Data Rate) - вариант SDRAM с передачей данных по двум срезам сигнала, получаем в результате удвоение скорости работы. Дальнейшее развитие пока происходит в виде очередного уплотнения числа пакетов в одном такте шины - DDR2 SDRAM (GDDR2), DDR3 SDRAM (GDDR3) и т.д.

SGRAM (Synchronous Graphics RAM) - синхронное графическое ОЗУ) вариант DRAM с синхронным доступом. В принципе, работа SGRAM полностью аналогична SDRAM, но дополнительно поддерживаются еще некоторые специфические функции, типа блоковой и масочной записи. В отличие от VRAM и WRAM, SGRAM является однопортовой, однако может открывать две страницы памяти как одну, эмулируя двухпортовость других типов видеопамяти.

MDRAM (Multibank DRAM) - многобанковое ОЗУ) - вариант DRAM, разработанный фирмой MoSys, организованный в виде множества

независимых банков объемом по 32 КиБ каждый, работающих в конвейерном режиме.

RDRAM (RAMBus DRAM) память использующая специальный канал передачи данных ( Rambus Channel ), представляющий собой шину данных шириной в один байт. По этому каналу удается передавать информацию очень большими потоками, наивысшая скорость передачи данных для одного канала на сегодняшний момент составляет 1600 МиБ/с (частота 800 МГц, данные передаются по обоим срезам импульса). На один такой канал можно подключить несколько чипов памяти. Контроллер этой памяти работает с одним каналом Rambus, на одной микросхеме логики можно разместить четыре таких контроллера, значит теоретически можно поддерживать до 4 таких каналов, обеспечивая максимальную пропускную способность в 6,4 ГиБ/с. Минус этой памяти - нужно читать информацию большими блоками, иначе ее производительность резко падает.

### Ускорители трехмерной графики

Для создания анимированной последовательности трехмерных изображений компьютеру необходимо математически анимировать последовательность кадров между ключевыми позициями. В ключевом кадре определяются специальные точки смещения. У прыгающего мяча, например, есть три ключевые позиции: подскок вверх, падение вниз и соприкосновение с поверхностью. Используя эти позиции в качестве шаблона, компьютер создает промежуточное изображение между разными позициями перемещения мяча, в результате его движение будет отображаться самым естественным образом.

После создания основной последовательности система окрашивает изображения, улучшая тем самым их внешний вид. Самый примитивный метод заполнения называется плоскостным затенением, при котором объект "заполняется" каким-либо однородным цветом. Затенение Гуро - это более эффективная технология, позволяющая присвоить цвет определенным точкам формы. Затем эти точки объединяются, и переход одного цвета в другой становится более плавным.

Более требовательный к вычислительной мощности процессора, но и гораздо более эффективный метод - наложение текстур. Трехмерная программа использует шаблоны или текстуры в качестве небольших растровых карт изображения, которые складываются в форму изображения, что похоже на многократное использование одного образца растровой карты для покрытия рабочего стола Windows. Трехмерная программа имеет возможность изменять внешний вид каждой карты путем использования перспективы и затенения для получения эффекта трехмерности. При добавлении таких эффектов освещения, как туман, направленные тени, отблеск от гладких объектов и др., трехмерная анимация максимально приближается к реальному изображению.

Главной функцией программ создания трехмерной графики является преобразование графических абстрактных объектов в изображения на экране компьютера. Обычно абстрактные объекты включают три составляющие.

**Вершины.** Задают местоположение объекта в трехмерном пространстве; само их положение задается координатами X, Y и Z.

**Примитивы.** Это простые геометрические объекты, с помощью которых конструируются более сложные объекты. Их положение задается расположением определяющих точек (обычно вершин). Для конструирования изображений трехмерных объектов при построении примитивов учитывается также эффект перспективы.

**Текстуры.** Это двухмерные изображения, или поверхности, налагаемые на примитивы.

Программное обеспечение усиливает эффект трех мерности, изменения вид текстур в зависимости от положения примитива (т.е. расстояния до примитива и его наклона); этот процесс называется перспективной коррекцией. В некоторых приложениях используется другая процедура, называемая отображением MIP; в этом случае применяются различные версии одной и той же текстуры, которые содержат разное количество деталей (в зависимости от расстояния до объекта в трехмерном пространстве). При отображении удаляющихся объектов уменьшается насыщенность и яркость цветов текстуры.

Эти абстрактные математические описания должны быть визуализированы, т.е. преобразованы в видимую форму. Процедура визуализации основывается на жестко стандартизованных функциях, предназначенных для составления выводимого на экран целостного изображения из отдельных абстракций. Ниже представлены две стандартные функции.

**Геометризация.** Определение размеров, ориентации и расположения примитивов в пространстве и расчет влияния источников света.

**Растеризация.** Преобразование примитивов в пиксели на экране с нанесением нужных затенений и текстур.

**Растровое преобразование.** Определение того, какие пиксели экрана покрываются каждым из примитивов.

**Обработка полутонов.** Цветовое наполнение пикселей с плавными цветовыми переходами между объектами.

**Наложение текстур.** Наложение на примитивы двухмерных изображений и поверхностей.

**Определение видимых поверхностей.** Определение пикселей, покрываемых ближайшими к зрителю объектами.

**Анимация.** Быстрое и четкое переключение между последовательными кадрами движущегося изображения.

**Сглаживание.** Плавное изменение цветовых границ для сглаживания контуров формируемых объектов.

Технологии трехмерной графики

Практически во всех ускорителях трехмерной графики применяются представленные ниже технологии.

**Затуманивание.** Имитация газа или тумана в играх.

**Затенение Гуро.** Интерполяция цветов для сглаживания неровностей окружности и сферы.

**Альфа-смешивание.** Одна из первых технологий трехмерной графики, используемая для создания реалистичных объектов, например "прозрачного" дыма, воды и стекла.

**Расширенные технологии трехмерной графики**

Ниже перечислены технологии, наиболее часто используемые в современных ускорителях трехмерной графики.

**Буфер шаблонов.** Активно используется в играх (особенно в жанре авиасимуляторов) при моделировании ландшафта, самолетов и других объектов вне стеклянной кабины летчика.

**Z-буферизация.** Часть видеопамяти, отведенная под Z-буфер, содержит информацию о глубине сцены. При визуализации эта информация служит для построения законченного изображения: пиксели, которые располагаются ближе, будут визуализированы, в отличие от пикселей, закрытых другими объектами.

**Рельефное текстурирование.** Предназначено для воспроизведения специальных световых эффектов.

**Улучшенные технологии наложения текстур**

Для визуализации трехмерных сцен с высокой степенью детализации необходимо применять специальные методы наложения текстур, которые устраняют нежелательные эффекты и делают сцены более реалистичными.

**Билинейная фильтрация.** Улучшение качества изображения небольших текстур, помещенных на большие многоугольники. Эта технология устраняет эффект "блочности" текстур.

**Множественное отображение.** Улучшение качества отображения объектов путем формирования последовательности текстур одного и того же изображения с уменьшающимся разрешением; является разновидностью сглаживания.

**Трилинейная фильтрация.** Комбинация билинейной фильтрации и так называемого наложения *texel mapping* (текстуры, имеющие разную степень детализации в зависимости от расстояния до точки наблюдения).

**Анизотропная фильтрация.** Используемый в некоторых видеоадаптерах, этот тип фильтрации позволяет сделать сцену еще более реалистичной. Однако данная технология пока не получила должного распространения из-за высоких требований к аппаратной части видеoadаптера.

**Т-буфер.** С помощью этой технологии уменьшается эффект "ступенчатости" (искажения в экранном изображении вследствие его масштабирования) в компьютерной графике; например, когда диагональ сформирована "лесенкой", объект перемещается рывками, не точно визуализированы тени, отражения и внешний вид объекта кажется смазанным. При использовании этой технологии кадровый буфер заменяется буфером, в

котором собирается несколько операций визуализации перед выводом на экран готового изображения. В отличие от других трехмерных технологий, для использования Т-буфера нет необходимости модифицировать или оптимизировать уже имеющееся программное обеспечение. Основная сфера применения Т-буфера заключается в формировании практически "телевизионного" реализма в визуализированной трехмерной анимации.

Интегрированные функции трансформации объектов и распределения освещения (T&L). При формировании трехмерной анимации объект трансформируется при переходе из одного кадра в другой, после чего освещение изменяется в соответствии с перемещением объекта

Полноэкранное сглаживание. Уменьшение неровностей, возникающих при увеличении разрешения, посредством сглаживания цветовых границ для обеспечения плавных цветовых переходов.

Сопряжение/сглаживание вершин. Сглаживание областей сочленений двух полигональных объектов, например рук или ног с телом анимированного персонажа.

Интерполяция ключевого кадра или трансформация вершин. Оживление перехода от одного выражения лица к другому, что позволяет при отсутствии скелетной анимации сделать мимику более естественной.

Программируемая трансформация вершин и обработка полутонаов пикселей. Технология nfiniteFX компании nVidia (видеоадаптер GeForce3), позволяющая разработчикам программного обеспечения модифицировать эффекты наподобие сопряжения вершин и обработки полутонаов (улучшенный метод преобразования неправильных поверхностей). Это позволяет избавиться от применения относительно малого количества эффектов с заранее определенными характеристиками. Технология nfiniteFXII компании NVIDIA, используемая в графическом процессоре GeForce4 Ti, поддерживает одновременную обработку до четырех текстур, а двойная трансформация вершин обеспечивает прирост производительности при высококачественной визуализации до 50% по сравнению с GeForce3. Аналогичная технология компании ATI, именуемая Smart-Shader (ATI RADEON 8500/9000), поддерживает более сложные программы, чем nfiniteFX, и обеспечивает качество изображения, аналогичное тому, что формируется посредством nfiniteFXII.

Вычисления с плавающей запятой. Библиотека DirectX 9 поддерживает данные с плавающей запятой, что позволяет добиться более естественной цветопередачи и точного воспроизведения многоугольников.

Однопроходная или мультипроходная визуализация

В различных видеоадаптерах применяются разные технологии визуализации. В настоящее время практически во всех видеоадаптерах фильтрация и основная визуализация выполняются за один проход, что позволяет увеличить частоту кадров. Видеоадаптеры с функцией однопроходной визуализации и фильтрации обычно являются более быстродействующими при работе с трехмерными программами и позволяют

избежать искажений, вызванных ошибками в множественных вычислениях значений с плавающей запятой во время визуализации.

#### Аппаратное или программное ускорение

При аппаратно выполняемой визуализации достигается гораздо лучшее качество изображений и скорость анимации, чем при программной. Используя специальные драйверы, новые видеоадаптеры выполняют все нужные вычисления с неслыханной ранее скоростью. Для работы с приложениями трехмерной графики, а также для современных игр это технологическое решение просто неоценимо.

#### Программная оптимизация

Следует подчеркнуть, что наличие у видеоадаптера расширенных функций трехмерной визуализации совершенно бесполезно до тех пор, пока разработчики игр и программных приложений не оптимизируют свои продукты для использования всех преимуществ таких функций.

Для увеличения быстродействия необходимо настроить параметры оптимизации OpenGL, Direct 3D, RAMDAC, тактовые частоты и другие параметры.

#### Графические API

Благодаря API (Application Programming Interface) разработчикам аппаратного и программного обеспечения предоставляются средства создания драйверов и программ, работающих быстрее на большом количестве платформ.

Программные драйверы разрабатываются для взаимодействия непосредственно с API, а не с операционной системой и программным обеспечением.

В настоящее время существует два графических API - OpenGL (компания SGI) и Direct 3D (Microsoft).

## Лекция №10. Нестандартные периферийные устройства

Периферийные, или же внешние устройства - это любые вспомогательные устройства, которые можно подключить к персональному компьютеру. Служат они для ввода и вывода информации, некоторые - и обработки, что значительно расширяет возможности ПК и делает его, можно сказать, незаменимым помощником. К периферийным устройствам относятся: принтеры, сканеры, плоттеры, микрофоны, наушники, колонки, мыши, джойстики, дисководы и др.

Классификация периферийных устройств по месту расположения (относительного системного блока настольного компьютера или корпуса ноутбука):

- внутренние - находятся внутри системного блока\корпуса ноутбука: жесткий диск (винчестер), встроенный дисковод (привод дисков);
- внешние - подключаются к компьютеру через порты ввода-вывода: мышь, принтер и т.д.

Устройства-манипуляторы (преобразуют движение руки в управляющую информацию для компьютера):

1. Несенсорные:

- мышь,
- трекбол - устройство в виде шарика, управляется вращением рукой;
- трекпойнт (Pointingstick) - джойстик очень маленького размера (5 мм) с шершавой вершиной, который расположен между клавишами клавиатуры, управляется нажатием пальца;
- игровые манипуляторы: джойстик, педаль, руль, танцевальная платформа, игровой пульт (геймпад, джойпад);

2. Сенсорные:

- тачпад (сенсорный коврик) - прямоугольная площадка с двумя кнопками, управляется движением пальца и нажатием на кнопки, используется в ноутбуках,
- сенсорный экран - экран, который реагирует на прикосновение пальца или стилуса (палочка со специальным наконечником), используется в планшетных персональных компьютерах;
- графический планшет (дигитайзер) - для ввода чертежей, схем и планов с помощью специального карандаша, которым водят по экрану планшета,
- световое перо - устройство в виде ручки, ввод данных прикосновением или проведением линий по экрану ЭЛТ-монитора (монитора на основе электронно-лучевой трубки). Сейчас световое перо не используется.

Рассмотрим некоторые нестандартные периферийные устройства Stick POP

Начнем с компактного принтера Stick POP, придуманного четверкой китайских дизайнеров. Его размеры составляют всего 23 x 6 см. Подключить его можно через порт USB к ПК, ноутбуку, нетбуку и даже планшету.



Рисунок 10.1

Мышь для 3D-дизайнеров

Данный манипулятор позволяет упростить работу 3D-дизайнеров, так как управлять стандартной мышкой, тачпадом и джойстиком в этой ситуации

затруднительно. Компания Axsotic создала устройство под названием 3D-Spheric-Mouse, которое позволяет двигать экранную фигуру вниз, вверх, влево, вправо, вперед, назад, а так же поворачивать ее соответствующими движениями шарика.



Рисунок 10.2

#### Графический планшет

Недавно компания Genius представила новый графический планшет MousPen i608x, который, судя по словам самой компании-производителя, способен практически на все: рисовать, заштриховывать, делать наброски, писать от руки и даже ставить подписи. На сенсорном экране планшета установлены 29 кнопок для удобства управления, а так же к нему прилагается перо, которое, по сути, напоминает обыкновенную шариковую ручку, что значительно упрощает работу. Еще это чудо техники рисует линии различной толщины, благодаря многостепенной чувствительности сенсорного экрана.



Рисунок 10. 3

## Проекционная инфракрасная клавиатура

Такая клавиатура подключается к совместимому устройству через Bluetooth 3.0. После подключения устройство проецирует клавиатуру на любую плоскость. Инфракрасный сенсор регистрирует нажатие (блокирование) клавиши и переводит в цифровой сигнал. Дальность работы такой клавиатуры - до 9 метров, размеры ее такие: 70x97x49 мм.



Рисунок 10.4

## 3D-Принтер

Для примера возьмем Airwolf 3D HD 2x. Этот принтер может воспроизводить отпечатки из 20-ти различных материалов и имеет 2 печатающие головки, которые выдерживают до 315 °С. Размер печати составляет 28x20x30 см, точность - 0,02 мм, скорость - 150 мм/сек. Что интересно: принтер не обязательно подключать к ПК, так как модель печати можно загружать в сам аппарат. Самое главное - это учитывать совместимость материалов, из которых Вы планируете производить печать.

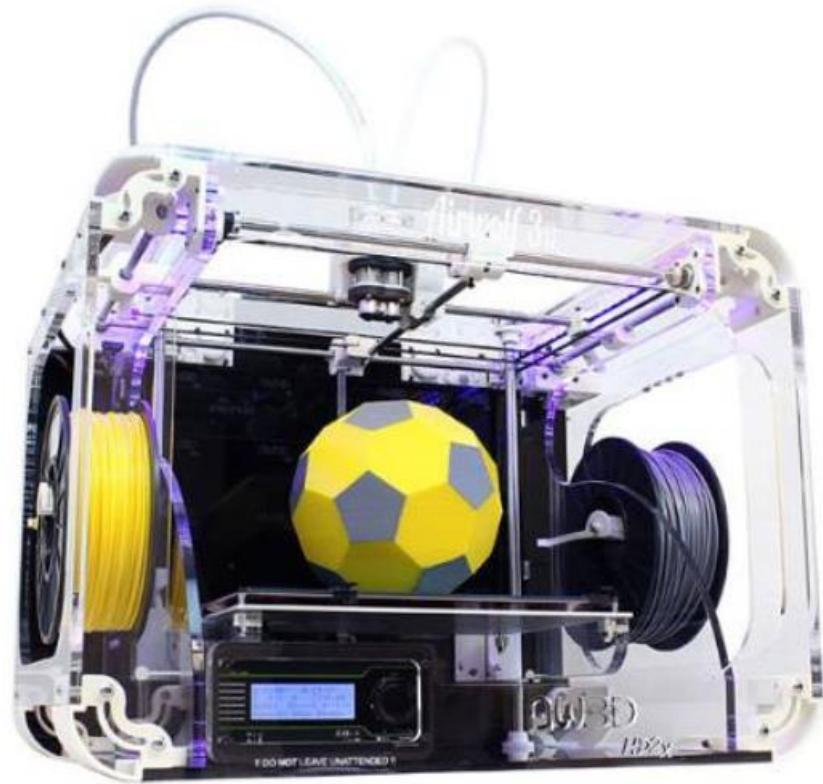


Рисунок 10.5

## Литература

### **Список литературы согласно программе обучения:**

#### **Основная литература:**

1. Догадин, Н. Б. Архитектура компьютера : учебное пособие / Н. Б. Догадин. - 4-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 274 с. - (Педагогическое образование). - ISBN 978-5-00101-662-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/120134>.

2. Степина, В. В. Архитектура ЭВМ и вычислительные системы : учебник / В.В. Степина. — Москва : КУРС : ИНФРА-М, 2021. — 384 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-906923-07-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1423169>

#### **Дополнительная литература:**

1. Максимов, Н.В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем : учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партика, И.И. Попов. — 5-е изд., перераб. и доп. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2018. - 511 с. - (Среднее

профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-511-0 (ФОРУМ) ; ISBN 978-5-16-013573-1 (ИНФРА-М, print) ; ISBN 978-5-16-106243-2 (ИНФРА-М, online). - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/944312>

**Периодические – печатные издания:**

1. Журнал технических исследований, 2018, № 4. - Текст : электронный.  
- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1018239>