

Лекция 8

Основные элементы компьютера

Вопросы лекции:

1. **Оперативная память**
2. **Процессор**
3. **Микросхема ПЗУ и система BIOS**
4. **Энергонезависимая память CMOS**
5. **Шинные интерфейсы материнской платы**

Оперативная память

Оперативная память (*RAM — Random Access Memory*) — это массив кристаллических ячеек, способных хранить данные. С точки зрения физического принципа действия различают *динамическую память (DRAM)* и *статическую память (SRAM)*.

Ячейки *динамической памяти (DRAM)* представляют собой микроконденсаторы, которые накапливают заряд на своих обкладках. Это наиболее распространенный и экономически доступный тип памяти. Недостатки: во-первых, как при заряде, так и при разряде конденсаторов неизбежны переходные процессы, то есть запись данных происходит сравнительно медленно. Второй - связан с тем, что заряды ячеек имеют свойство быстро рассеиваться в пространстве. Ее постоянно необходимо «подзаряжать», через несколько сотых долей секунды. В связи с этим, в компьютере происходит постоянная *регенерация (освежение, подзарядка)* ячеек оперативной памяти. Регенерация осуществляется несколько десятков раз в секунду и вызывает непроизводительный расход ресурсов ПК.

Ячейки *статической памяти (SRAM)* можно представить как электронные микроэлементы — *триггеры*, состоящие из нескольких транзисторов. В триггере хранится не заряд, а состояние (*включен/выключен*), поэтому этот тип памяти обеспечивает более высокое быстродействие, хотя технологически он сложнее и, соответственно, дороже.

Оперативная память

Микросхемы динамической памяти используют в качестве основной оперативной памяти компьютера. Микросхемы статической памяти используют в качестве вспомогательной памяти (так называемой *кэш-памяти*), предназначенной для оптимизации работы процессора.

Каждая ячейка памяти имеет свой адрес, который выражается числом. В современных процессорах предельный размер адреса обычно составляет 32 разряда, т.е. всего независимых адресов может быть 232. Одна адресуемая ячейка содержит восемь двоичных ячеек, в которых можно сохранить 8 бит, то есть один байт данных.

В современных ПК возможна *непосредственная адресация* к полю памяти размером 232 байт = 4 Гбайт. Однако это отнюдь не означает, что именно столько оперативной памяти непременно должно быть в компьютере. Предельный размер поля оперативной памяти, установленной в компьютере, определяется микропроцессорным комплектом (*чипсетом*) материнской платы и обычно не может превосходить нескольких Гбайт. Минимальный объем памяти определяется требованиями операционной системы и для современных компьютеров составляет 512 Мбайт.

Оперативная память в компьютере размещается на стандартных панельках, называемых *модулями*. Модули оперативной памяти устанавливают в соответствующие разъемы на материнской плате. Наиболее распространены модули типа *DDR SDRAM (DDR DIMM)*, обеспечивающие более быстрый доступ к памяти. Модули типа *RDRAM (RIMM-модули)* применяются на некоторых компьютерах с процессором *Pentium 4*, но стоят заметно дороже и поэтому менее распространены.

Оперативная память

Основными характеристиками модулей оперативной памяти являются: объем памяти и скорость передачи данных. Сегодня наиболее распространены модули объемом от 256 Мбайт до 1 Гбайт. Скорость передачи данных определяет максимальную пропускную способность памяти (в Мбайт/с или Гбайт/с) в оптимальном режиме доступа. При этом учитывается время доступа к памяти, ширина шины и дополнительные возможности, такие как передача нескольких сигналов за один такт работы. Одинаковые по объему модули могут иметь разные скоростные характеристики.

Иногда в качестве определяющей характеристики памяти используют *время доступа*. Оно измеряется в миллиардных долях секунды (*наносекундах, нс*). Для современных модулей памяти это значение может составлять 5 нс, а для особо быстрой памяти, используемой в основном в видеокартах, — снижаться до 2-3 нс.

Процессор

Процессор — основная микросхема компьютера, в которой и производятся все вычисления. Конструктивно процессор состоит из ячеек, похожих на ячейки оперативной памяти, но в этих ячейках данные могут не только храниться, но и изменяться. Внутренние ячейки процессора называют *регистрами*. Важно также отметить, что данные, попавшие в некоторые регистры, рассматриваются не как данные, а как команды, управляющие обработкой данных в других регистрах. Среди регистров процессора есть и такие, которые в зависимости от своего содержания способны модифицировать исполнение команд. Таким образом, управляя засылкой данных в разные регистры процессора, можно управлять обработкой данных. На этом и основано исполнение программ.

С остальными устройствами компьютера, и в первую очередь с оперативной памятью, процессор связан несколькими группами проводников, называемых *шинами*. Основных шин три: *шина данных*, *адресная шина* и *командная шина*.

Процессор

Адресная шина. У процессоров семейства *Pentium* адресная шина 32-разрядная, то есть состоит из 32 параллельных проводников. Комбинация из 32 нулей и единиц образует 32-разрядный адрес, указывающий на одну из ячеек оперативной памяти. К ней и подключается процессор для копирования данных из ячейки в один из своих регистров.

Шина данных. По этой шине происходит копирование данных из оперативной памяти в регистры процессора и обратно. В современных персональных компьютерах шина данных, как правило, 64-разрядная, то есть состоит из 64 линий, по которым за один раз на обработку поступают сразу 8 байтов.

Шина команд. Для того чтобы процессор мог обрабатывать данные, ему нужны команды. Он должен знать, что следует сделать с теми байтами, которые хранятся в его регистрах. Эти команды поступают в процессор тоже из оперативной памяти, но не из тех областей, где хранятся массивы данных, а оттуда, где хранятся программы. Команды тоже представлены в виде байтов. Самые простые команды укладываются в один байт, однако есть и такие, для которых нужно два, три и более байтов. В большинстве современных процессоров шина команд 32-разрядная, хотя существуют 64-разрядные процессоры и даже 128-разрядные.

Процессор

В процессе работы процессор обслуживает данные, находящиеся в его регистрах, в поле оперативной памяти, а также данные, находящиеся во внешних портах процессора. Часть данных он интерпретирует непосредственно как данные, часть данных — как адресные данные, а часть — как команды. Совокупность всех возможных команд, которые может выполнить процессор над данными, образует так называемую *систему команд процессора*. Процессоры, относящиеся к одному семейству, имеют одинаковые или близкие системы команд. Процессоры, относящиеся к разным семействам, различаются по системе команд и невзаимозаменяемые.

Чем шире набор системных команд процессора, тем сложнее его архитектура, тем длиннее формальная запись команды (в байтах), тем выше средняя продолжительность исполнения одной команды, измеренная в тактах работы процессора. Система команд процессоров семейства *Pentium* в настоящее время насчитывает более тысячи различных команд. Такие процессоры называют *процессорами с расширенной системой команд* — *CISC-процессорами* (*CISC* — *Complex Instruction Set Computing*).

Процессоры архитектуры *RISC* с сокращенной системой команд (*RISC* — *Reduced Instruction Set Computing*). При такой архитектуре количество команд в системе намного меньше и каждая из них выполняется намного быстрее. Программы, состоящие из простейших команд, выполняются этими процессорами много быстрее. Недостаток сокращенного набора команд состоит в том, что сложные операции приходится эмулировать далеко не эффективной последовательностью простейших команд

Процессор

Совместимость процессоров. Если два процессора имеют одинаковую систему команд, то они полностью совместимы на программном уровне. Это означает, что программа, написанная для одного процессора, может исполняться и другим процессором. Процессоры, имеющие разные системы команд, как правило, несовместимы или ограниченно совместимы на программном уровне. Группы процессоров, имеющих ограниченную совместимость, рассматривают как *семейства процессоров*.

Модели процессоров компании *Intel*, *AMD* и некоторых других производителей относятся к семейству x86 и обладают совместимостью по принципу «сверху вниз». Принцип совместимости «сверху вниз» — это пример неполной совместимости, когда каждый новый процессор «понимает» все команды своих предшественников, но не наоборот.

Разрядность процессора показывает, сколько бит данных он может принять и обработать в своих регистрах за один раз (*за один такт*). Первые процессоры x86 были 16-разрядными. Начиная с процессора 80386 они имеют 32-разрядную архитектуру. Современные процессоры семейства *Intel Pentium* остаются 32-разрядными, хотя и работают с 64-разрядной шиной данных (разрядность процессора определяется не разрядностью шины данных, а разрядностью командной шины). Сегодня 64-разрядные процессоры уже устанавливаются на персональные компьютеры.

Процессор

В основе работы процессора лежит тот же тактовый принцип, что и в обычных часах. Исполнение каждой команды занимает определенное количество тактов.

В ПК тактовые импульсы задает одна из микросхем, входящая в микропроцессорный комплект (*чипсет*), расположенный на материнской плате. Чем выше частота тактов, поступающих на процессор, тем больше команд он может исполнить в единицу времени, тем выше его производительность. Сегодня *рабочие частоты* процессоров уже превосходят 3 миллиарда тактов в секунду (3 ГГц).

Тактовые сигналы процессор получает от материнской платы. По чисто физическим причинам материнская плата не может работать со столь высокими частотами, как процессор. Сегодня базовая частота материнской платы составляет 100-200 МГц. Для получения более высоких частот в процессоре происходит *внутреннее умножение частоты*. Коэффициент внутреннего умножения в современных процессорах может достигать 10-20 и выше.

Процессор

Обмен данными внутри процессора происходит в несколько раз быстрее, чем обмен с другими устройствами, например с оперативной памятью. Для того чтобы уменьшить количество обращений к оперативной памяти, внутри процессора создают буферную область — так называемую **кэш-память**. Это как бы «сверхоперативная память». Когда процессору нужны данные, он сначала обращается в кэш-память, и только если там нужных данных нет, происходит его обращение в оперативную память. Принимая блок данных из оперативной памяти, процессор заносит его одновременно и в кэш-память. «Удачные» обращения в кэш-память называют **попаданиями в кэш**. Процент попаданий тем выше, чем больше размер кэш-памяти, поэтому высокопроизводительные процессоры комплектуют повышенным объемом кэш-памяти.

Нередко кэш-память распределяют по нескольким уровням. Кэш *первого уровня* выполняется в том же кристалле, что и сам процессор, и имеет объем порядка десятков Кбайт. Кэш *второго уровня* находится либо в кристалле процессора, либо в том же узле, что и процессор, хотя и выполняется на отдельном кристалле. Кэш-память первого и второго уровня работает на частоте, согласованной с частотой ядра процессора.

Кэш-память *третьего уровня* выполняют на быстродействующих микросхемах типа *SRAM* и размещают на материнской плате вблизи процессора. Ее объемы могут достигать нескольких Мбайт, но работает она на частоте материнской платы.

Микросхема ПЗУ и система BIOS

В момент включения компьютера в его оперативной памяти нет ничего — ни данных, ни программ, поскольку оперативная память не может ничего хранить без подзарядки ячеек более сотых долей секунды, но процессору нужны команды, в том числе и в первый момент после включения. Поэтому сразу после включения на адресной шине процессора выставляется стартовый адрес. Это происходит аппаратно, без участия программ (всегда одинаково). Процессор обращается по выставленному адресу за своей первой командой и далее начинает работать по программам.

Этот исходный адрес не может указывать на оперативную память, в которой пока ничего нет. Он указывает на другой тип памяти — *постоянное запоминающее устройство* (ПЗУ). Микросхема ПЗУ способна длительное время хранить информацию, даже когда компьютер выключен. Программы, находящиеся в ПЗУ, называют «*защитными*» — их записывают туда на этапе изготовления микросхемы.

Комплект программ, находящихся в ПЗУ, образует *базовую систему ввода-вывода* (BIOS — *Basic Input Output System*). Основное назначение программ этого пакета состоит в том, чтобы проверить состав и работоспособность компьютерной системы и обеспечить взаимодействие с клавиатурой, монитором, жестким диском и дисководом гибких дисков. Программы, входящие в BIOS, позволяют нам наблюдать на экране диагностические сообщения, сопровождающие запуск компьютера, а также вмешиваться в ход запуска с помощью клавиатуры.

Энергонезависимая память CMOS

На материнской плате есть микросхема «энергонезависимой памяти», по технологии изготовления называемая *CMOS*. От оперативной памяти она отличается тем, что ее содержимое не стирается во время выключения компьютера, а от ПЗУ она отличается тем, что данные в нее можно заносить и изменять самостоятельно, в соответствии с тем, какое оборудование входит в состав системы. Эта микросхема постоянно подпитывается от небольшой аккумуляторной батарейки, расположенной на материнской плате. Заряда этой батарейки хватает на то, чтобы микросхема не теряла данные, даже если компьютер не будут включать месяцами.

В микросхеме *CMOS* хранятся данные о гибких и жестких дисках, о процессоре, о некоторых других устройствах материнской платы. Тот факт, что компьютер четко отслеживает время и календарь (даже и в выключенном состоянии), тоже связан с тем, что показания системных часов постоянно хранятся (и изменяются) в *CMOS*.

Таким образом, программы, записанные в *BIOS*, считывают данные о составе оборудования компьютера из микросхемы *CMOS*, после чего они могут выполнить обращение к жесткому диску, а в случае необходимости и к гибкому, и передать управление тем программам, которые там записаны.

Шинные интерфейсы материнской платы

Связь между всеми собственными и подключаемыми устройствами материнской платы выполняют ее шины и логические устройства, размещенные в микросхемах микропроцессорного комплекта (чипсета). От архитектуры этих элементов во многом зависит производительность компьютера.

ISA (*Industry Standard Architecture*). Шина не только позволила связать все устройства системного блока между собой, но и обеспечила простое подключение новых устройств через стандартные разъемы (слоты). Пропускная способность шины составляет до 5,5 Мбайт/с. Шина используется в некоторых компьютерах для подключения сравнительно «медленных» внешних устройств, например звуковых карт и модемов.

VLB - *локальная шина стандарта VESA (VESA Local Bus)*. Локальная шина, имеющая повышенную частоту, связала между собой процессор и память в обход основной шины. Впоследствии в эту шину «врезали» интерфейс для подключения видеоадаптера, который тоже требует повышенной пропускной способности, — так появился стандарт *VLB*, который позволил поднять тактовую частоту локальной шины до 50 МГц и обеспечил пиковую пропускную способность до 130 Мбайт/с.

Основным **недостатком** интерфейса *VLB* стало то, что предельная частота локальной шины и, соответственно, ее пропускная способность зависят от числа устройств, подключенных к шине.

Шинные интерфейсы материнской платы

PCI. Интерфейс *PCI* (*Peripheral Component Interconnect* — стандарт подключения внешних компонентов) был введен в персональных компьютерах во времена процессора 80486 и первых версий *Pentium*. По своей сути это тоже интерфейс локальной шины, связывающей процессор с оперативной памятью, в которую врезаны разъемы для подключения внешних устройств. Для связи с основной шиной компьютера (*ISA/EISA*) используются специальные интерфейсные преобразователи — **мосты PCI** (*PCI Bridge*). В современных компьютерах функции моста *PCI* выполняют микросхемы микропроцессорного комплекта (чипсета).

Данный интерфейс поддерживает частоту шины 33 МГц и обеспечивает пропускную способность 132 Мбайт/с. Последние версии интерфейса поддерживают частоту до 66 МГц и обеспечивают производительность 264 Мбайт/с для 32-разрядных данных и 528 Мбайт/с для 64-разрядных данных.

Важным нововведением, реализованным этим стандартом, стала поддержка так называемого режима ***plug-and-play*** (стандарт на *самоустанавливающиеся устройства*). После физического подключения внешнего устройства к разъему шины *PCI* происходит обмен данными между устройством и материнской платой, в результате чего устройство автоматически получает номер используемого прерывания, адрес порта подключения и номер канала прямого доступа к памяти.

С появлением интерфейса *PCI* и с оформлением стандарта *plug-and-play* появилась возможность выполнять установку новых устройств с помощью автоматических программных средств — эти функции во многом были возложены на операционную систему.

Шинные интерфейсы материнской платы

FSB. Шина *PCI*, появившаяся в компьютерах на базе процессоров *Intel Pentium* как локальная шина, предназначенная для связи процессора с оперативной памятью, недолго оставалась в этом качестве. Сегодня она используется только как шина для подключения внешних устройств, а для связи процессора и памяти, начиная с процессора *Intel Pentium Pro*, используется специальная шина, получившая название *Front Side Bus (FSB)*. Эта шина работает на частоте 100-200 МГц. Частота шины *FSB* является одним из основных потребительских параметров — именно он и указывается в спецификации материнской платы. Современные типы памяти (*DDR SDRAM, RDRAM*) способны передавать несколько сигналов за один такт шины *FSB*, что повышает скорость обмена данными с оперативной памятью.

AGP. Видеоадаптер — устройство, требующее особенно высокой скорости передачи данных. Как при внедрении локальной шины *VLB*, так и при внедрении локальной шины *PCI* видеоадаптер всегда был первым устройством, «врезаемым» в новую шину. Когда параметры шины *PCI* перестали соответствовать требованиям видеоадаптеров, для них была разработана отдельная шина, получившая название *AGP (Advanced Graphic Port — усовершенствованный графический порт)*. Частота этой шины соответствует частоте шины *PCI* (33 МГц или 66 МГц), но она имеет много более высокую пропускную способность за счет передачи нескольких сигналов за один такт. Число сигналов, передаваемых за один такт, указывается в виде множителя, например *AGP4x* (в этом режиме скорость передачи достигает 1066 Мбайт/с). Последняя версия шины *AGP* имеет кратность 8х.

Шинные интерфейсы материнской платы

PCMCIA (*Personal Computer Memory Card International Association* — стандарт международной ассоциации производителей плат памяти для персональных компьютеров). Этот стандарт определяет интерфейс подключения плоских карт памяти небольших размеров и используется в портативных персональных компьютерах.

USB (*Universal Serial Bus* — *универсальная последовательная магистраль*). Стандарт определяет способ взаимодействия компьютера с периферийным оборудованием. Он позволяет подключать до 256 различных устройств, имеющих последовательный интерфейс. Производительность шины USB относительно невелика, но вполне достаточна для таких устройств, как клавиатура, мышь, модем, джойстик, принтер и т. п. Шина практически исключает конфликты между различным оборудованием, позволяет подключать и отключать устройства в «горячем режиме» (не выключая ПК) и позволяет объединять несколько ПК в простейшую локальную сеть без применения специального оборудования и программного обеспечения.

Параметры микропроцессорного комплекта (чипсета) в наибольшей степени определяют свойства и функции материнской платы. Сегодня большинство чипсетов материнских плат выпускаются на базе двух микросхем, исторически получивших название «северный мост» и «южный мост». «Северный мост» обычно управляет взаимосвязью процессора, оперативной памяти и порта *AGP*. «Южный мост» называют также *функциональным контроллером*. Он выполняет функции контроллера жестких и гибких дисков, функции контроллера шины *PCI*, моста *ISA* — *PCI*, контроллера клавиатуры, мыши, шины *USB* и т. п.