

Лекция 2_Часть 2 _2021

Основные характеристики и принципы построения ЭВМ и систем.

Продолжение

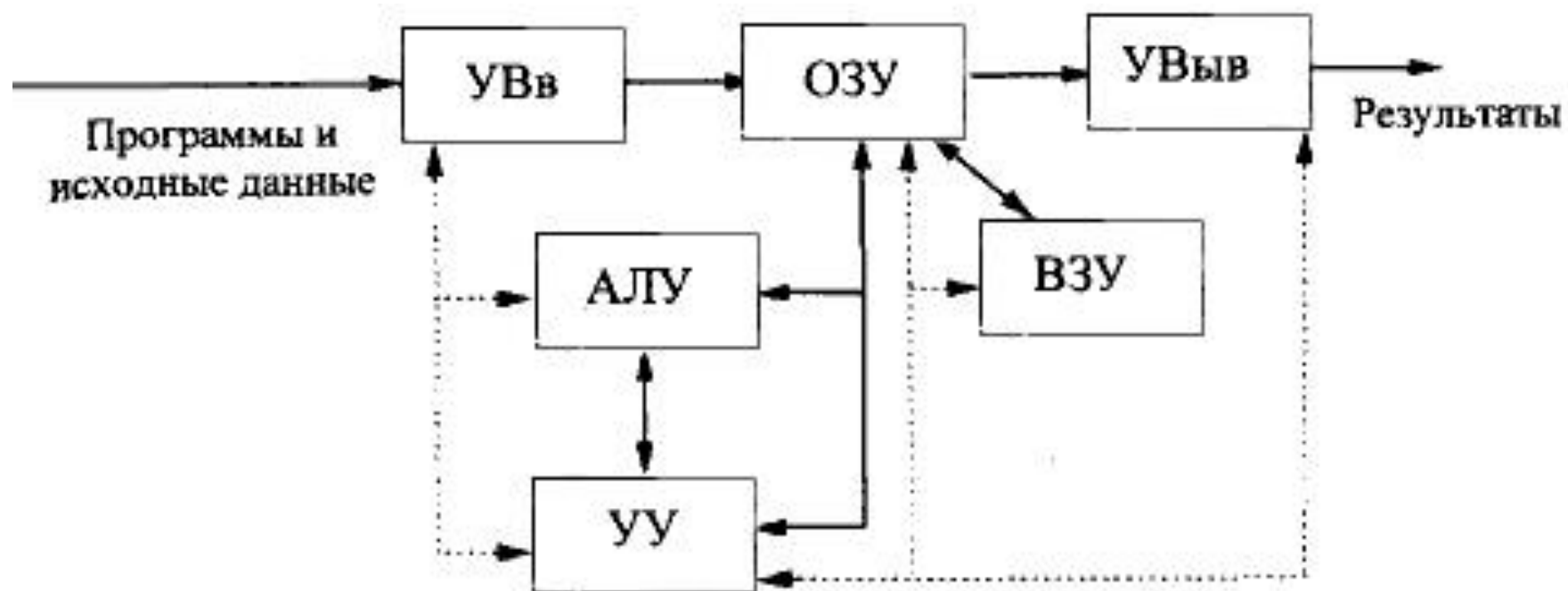


**Фон-неймановская архитектура компьютеров
содержит пять компонент:**

- Арифметико-логическое устройство (АЛУ)**
- Устройство управления**
- Память**
- Устройство ввода информации**
- Устройство вывода информации**

**(Подавляющее большинство компьютеров 1-2
поколений)**





Децентрализация построения и управления вызвала к жизни также элементы, которые являются общим стандартом структур современных ЭВМ:

- *модульность построения*
- *магистральность*
- *иерархия управления*



Модульная конструкция ЭВМ — делает ее открытой системой, способной к адаптации и совершенствованию

Модульность построения предполагает выделение в структуре ЭВМ достаточно автономных, функционально и конструктивно законченных устройств (процессор, модуль памяти, накопитель на жестком или гибком магнитном диске).

К ЭВМ можно подключать дополнительные устройства, улучшая ее технические и экономические показатели. Появляется возможность увеличения вычислительной мощности, улучшения структуры путем замены отдельных устройств на более совершенные, изменения и управления конфигурацией системы, приспособления ее к конкретным условиям применения в соответствии с требованиями пользователей.

Модульность структуры ЭВМ

требует стандартизации и унификации оборудования, номенклатуры технических и программных средств, средств сопряжения — интерфейсов, конструктивных решений, унификации типовых элементов замены, элементной базы и нормативно-технической документации



В современных ЭВМ

принцип децентрализации и параллельной работы распространен как на периферийные устройства, так и на сами ЭВМ (процессоры).

Децентрализация



управления и структуры ЭВМ позволила перейти к более сложным многопрограммным (мультипрограммным) режимам

Все существующие типы ЭВМ выпускаются семействами, в которых различают старшие и младшие модели.

Информационная, аппаратная (техническая) и программная совместимость

При серьезных конструктивных различиях ЭВМ могут быть совместимыми, т.е. приспособленными к работе с одними и теми же программами (*программная совместимость*) и

получению одних и тех же результатов при обработке одной и той же, однотипно представленной информации (*информационная совместимость*).

Если аппаратная часть ЭВМ допускает их электрическое соединение для совместной работы и предусматривает обмен одинаковыми последовательностями сигналов, то имеет место и *техническая или аппаратная совместимость ЭВМ*.

Совместимые ЭВМ должны иметь одинаковую функциональную организацию:


- информационные элементы (символы) должны одинаково представляться при вводе и выводе из ЭВМ,
- система команд должна обеспечивать в этих ЭВМ получение одинаковых результатов при одинаковых преобразованиях информации.

Работой совместимых компьютеров должны управлять одинаковые или функционально совместимые ОС. Для этого должны быть *совместимы методы и алгоритмы планирования и управления работой аппаратурно-программного вычислительного комплекса.*

Аппаратурные средства должны иметь согласованные питающие напряжения, частотные параметры сигналов, а главное — состав, структуру и последовательность выработки управляющих сигналов.

Общие и специальные шины или магистрали для обмена информацией

Стандартизация и унификация привели к появлению иерархии шин и к их специализации:

- ***системная шина***  **— для взаимодействия основных устройств**
- ***локальная шина*** — для ускорения обмена видеоданными
- ***периферийная шина*** — для подключения «медленных» периферийных устройств

Системная шина или магистраль



Системная шина

В системную магистраль (системную шину) микропроцессорной системы входит три основные информационные шины: адреса (ША), данных (ШД) и управления (ШУ).



Шина данных

— это основная шина, ради которой и создается вся система. Количество ее разрядов (линий связи) определяет скорость и эффективность информационного обмена, а также максимально возможное количество команд.

ШД всегда **двунаправленная**, так как предполагает передачу информации в обоих направлениях.

Наиболее часто встречающийся тип выходного каскада для линий этой шины — выход с тремя состояниями.

Обычно шина данных имеет 8, 16, 32 или 64 разряда.


За один цикл обмена по 64-разрядной шине может передаваться 8 байт информации, а по 8-разрядной — только один байт.

Разрядность шины данных определяет и разрядность всей магистрали. Например, когда говорят о **32-разрядной системной магистрали**, подразумевается, что она имеет **32-разрядную шину данных**.



Шина адреса

— вторая по важности шина, которая определяет максимально возможную сложность микропроцессорной системы, то есть допустимый объем памяти и, следовательно, максимально возможный размер программы и максимально возможный объем запоминаемых данных.

Количество адресов, обеспечиваемых шиной адреса, определяется как 2^N , где N — количество разрядов. 

Например, 16-разрядная шина адреса обеспечивает $2^{16} = 65536$ адресов.

Разрядность шины адреса обычно кратна 4 и может достигать 32 и даже 64.

ША может быть **однонаправленной** — когда магистралью всегда управляет только процессор, или **двунаправленной** — когда процессор может временно передавать управление магистралью другому устройству, например контроллеру прямого доступа к памяти (КПДП).

Шина управления

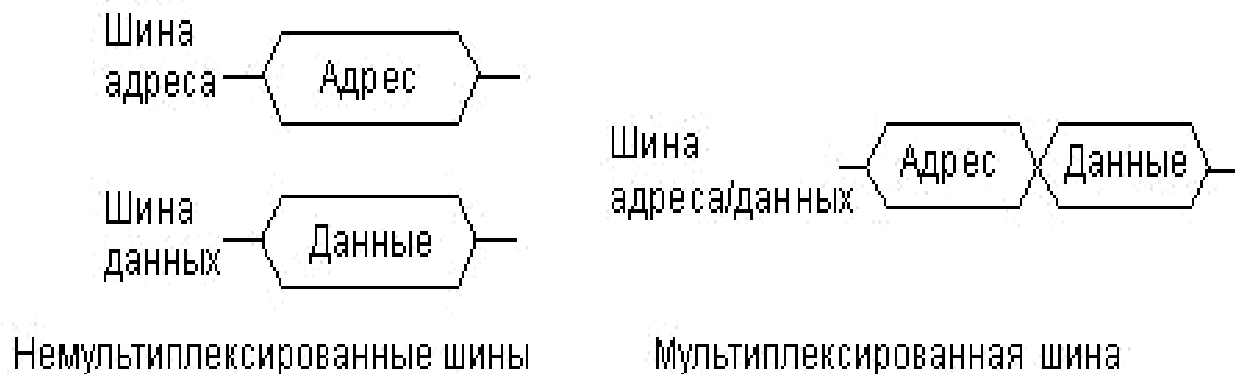
— это вспомогательная шина, управляющие сигналы на которой определяют тип текущего цикла и фиксируют моменты времени, соответствующие разным частям или стадиям цикла.

Кроме того, управляющие сигналы обеспечивают согласование работы процессора (или другого хозяина магистрали, master) с работой памяти или устройства ввода/вывода (устройства-исполнителя, slave).

Управляющие сигналы также обслуживают запрос и предоставление прерываний, запрос и предоставление прямого доступа.



- Для снижения общего количества линий связи магистрали часто применяется мультиплексирование шин адреса и данных. То есть одни и те же линии связи используются в разные моменты времени для передачи как адреса, так и данных (в начале цикла — адрес, в конце цикла — данные).
- Для фиксации этих моментов (стробирования) служат специальные сигналы на шине управления. Понятно, что мультиплексированная шина адреса/данных обеспечивает меньшую скорость обмена, требует более длительного цикла обмена. По типу шины адреса и шины данных все магистрали также делятся на **мультиплексированные и немultipлексированные.**



Интерфейс системной магистрали

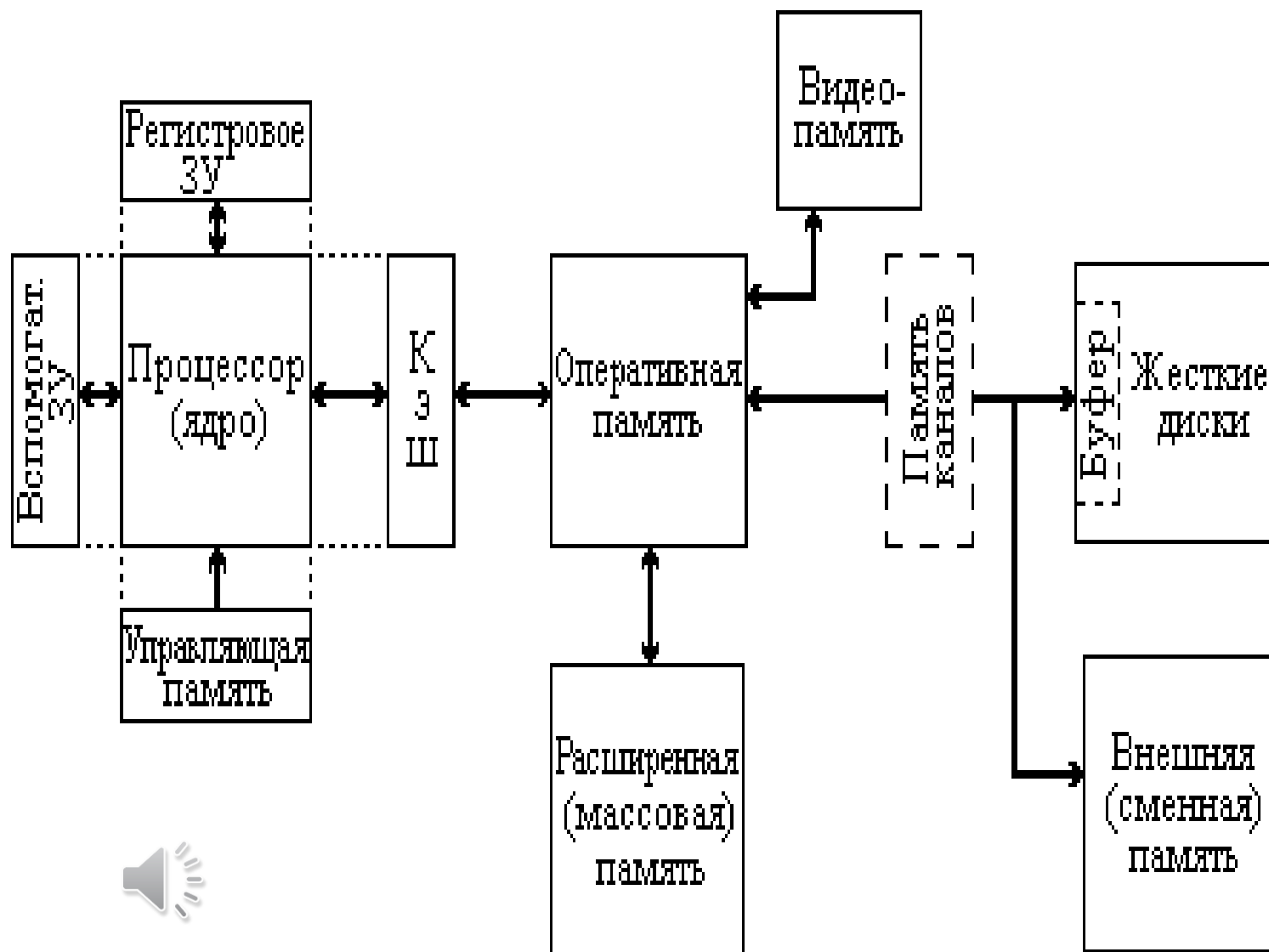
- Логика работы системной магистрали, количество разрядов (линий) в шинах данных, адреса и управления, порядок разрешения конфликтных ситуаций, возникающих при одновременном обращении различных устройств ЭВМ к системной магистрали, образуют *интерфейс системной шины*.
- Системная магистраль является узким местом ЭВМ, так как все устройства, подключенные к ней, конкурируют за возможность передавать свои данные по ее шинам.
- Системная магистраль — это среда передачи сигналов управления, адресов, данных, к которой параллельно и одновременно может подключаться несколько компонентов вычислительной системы.
- **Физически системная магистраль** представляет собой *параллельные проводники на материнской плате*, которые называются **линиями**. Но это еще и алгоритмы, по которым передаются сигналы, правила интерпретации сигналов, дисциплины обслуживания запросов, специальные микросхемы, обеспечивающие эту работу. Весь этот комплекс образует понятие ***интерфейс системной магистрали*** или ***стандарт обмена***.

**Децентрализация управления
предполагает
иерархическую организацию структуры**

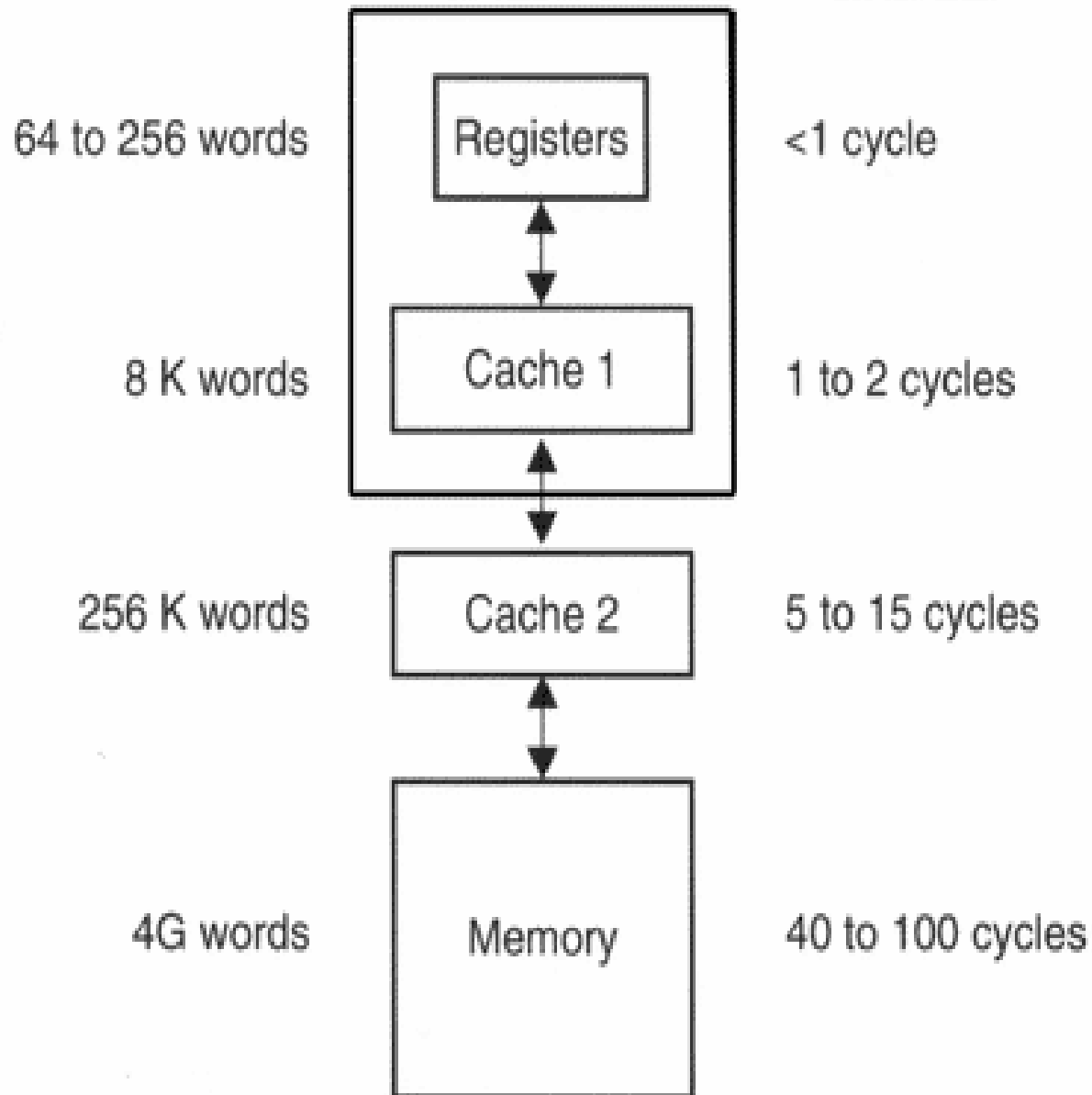


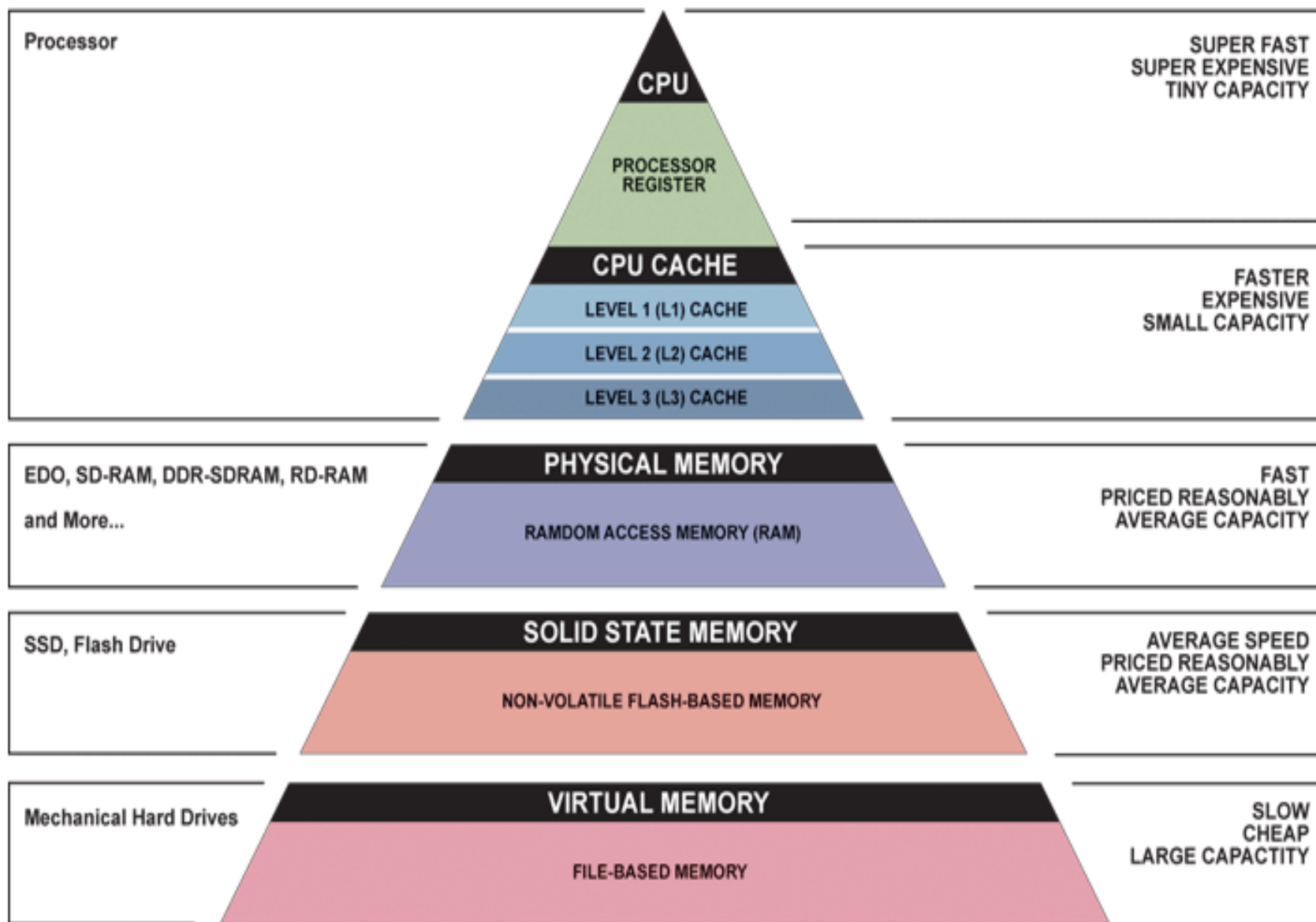
Иерархический принцип построения памяти ЭВМ:

- **сверхоперативное запоминающее устройство небольшой емкости**
- **кэш-память или память блокнотного типа**
- **кэш L1 ($E_n = 16-32$ Кбайта с временем доступа 1-2 такта процессора); L1I, L1D**
- **кэш L2 ($E_n = 128-512$ Кбайт с временем доступа 3-5 тактов)**
- **кэш L3 ($E_n = 2-4$ Мбайта с временем доступа 8-10 тактов).**
- **оперативное запоминающее устройство**
- **постоянное запоминающее устройство**
- **внешнее запоминающее устройство**



Size Microprocessor chip Access time





▲ Simplified Computer Memory Hierarchy
Illustration: Ryan J. Leng

Порядок выполнения операций в магистральных архитектурах

В состав центральных устройств ЭВМ входят: центральный процессор, основная память и ряд дополнительных узлов, выполняющих служебные функции: контроллер прерываний, таймер и контроллер прямого доступа к памяти (ПДП).

Периферийные устройства делятся на два вида: внешние ЗУ и устройства ввода-вывода (УВВ): клавиатура, дисплей, принтер, мышь, адаптер каналов связи (КС) и др.



Основные этапы обработки команд в ЭВМ с магистральной архитектурой.

0. **Управляющая программа** перед началом выполнения **загружается в основную память**. Адрес первой выполняемой команды передается микропроцессору и **запоминается в счетчике команд (СчК)**.

1. В начале цикла работы процессора (**Пр**) адрес из **СчК** (в котором всегда хранится адрес очередной команды) **выставляется на ША** системной магистрали. Одновременно на **ШУ** выдается команда: «**Выборка из ОП**», адресуемая основной памяти.

2. Получив с **ШУ** команду, основная память считывает адрес с **ША**, находит ячейку с этим номером и ее содержимое **выставляет на ШД**, при этом на **ШУ** **выставляет сигнал** о выполнении команды.

3. **Пр**, получив сигнал об окончании работы **ОП**, **вводит число с ШД** на внутреннюю магистраль микропроцессора (**МП**) и через нее **пересылает введенную информацию в регистр команд (РгК)**.

4. В РгК полученная команда разделяется *на кодовую и адресную части*. **Код команды** поступает в блок управления для выработки сигналов, настраивающих **МП** на выполнение заданной операции, и для определения адреса следующей команды, который сразу заносится в **СчК**.

Адресная часть команды выставляется на **ША** системной магистрали и сопровождается сигналом «**Выборка из ОП**» на **ШУ**. Выбранная из **ОП** информация через **ШД** поступает на внутреннюю магистраль **МП**, с которой вводится в **АЛУ**.

На этом заканчивается подготовка **МП** к выполнению операции, и начинается ее выполнение в **АЛУ**.

5. Результат выполнения операции выставляется микропроцессором на **ШД**, на **ША** выставляется адрес **ОП**, по которому этот результат необходимо записать, а на **ШУ** выставляется команда «**Запись в ОП**».
6. Получив с **ШУ** команду, **ОП** считывает адрес и данные с системной магистрали, организует запись данных по указанному адресу и после выполнения команды выставляет на **ШУ** сигнал, обозначающий, что число записано.
7. Процессор, получив этот сигнал, начинает выборку очередной команды: выставляет адрес из счетчика команд на шину адреса, формирует команду «**Выборка из ОП**» на **ШУ** и т.д.

В каждом цикле, получив команду в **РгК** и выделив код операции, процессор определяет, к какому устройству она относится. Если команда должна выполняться процессором, организуется ее выполнение по описанному циклу. Если же команда предназначена для выполнения в другом устройстве, **Пр** передает ее соответствующему устройству.

Процесс передачи команды другому устройству предусматривает следующие действия:

- **Пр** выставляет на **ША** системной магистрали адрес интересующего его устройства.
- По **ШУ** передается сигнал **«Поиск устройства»**. Все устройства, подключенные к системной магистрали, получив этот сигнал, читают номер устройства с **ША** и сравнивают его со своим номером. Устройства, для которых эти номера не совпадают, на команду не реагируют. Устройство с совпавшим номером вырабатывает сигнал отклика по **ШУ**.
- **Пр**, получив сигнал отклика, в простейшем случае выставляет имеющуюся у него команду на **ШД** и сопровождает ее по **ШУ** сигналом **«Передаю команду»**.
- Получив сигнал о приеме команды, **Пр** переходит к выполнению очередной своей команды, выставляя на **ША** содержимое счетчика команд.

В более сложных случаях, получив сигнал, что устройство откликнулось, прежде чем передавать команду, **Пр** запрашивает устройство о *его состоянии*.

Текущее состояние устройства закодировано в *байте состояния*, который откликнувшееся устройство передает процессору через **ШД** системной магистрали.

Если устройство включено и готово к работе, то байт состояния - 0.

Если возникает нештатная ситуация, то байт состояния - «1», **Пр** анализирует ее и вырабатывает соответствующую реакцию, например, *прерывание*.

Взаимодействие **Пр** с внешними устройствами предусматривает выполнение логической последовательности действий, связанных с поиском устройства, определением его технического состояния, обменом командами и информацией. Эта логическая последовательность действий вместе с устройствами, реализующими ее, получила название ***интерфейс ввода-вывода***.

Для различных устройств могут использоваться разные логические последовательности действий, поэтому интерфейсов ввода-вывода может в одной и той же ЭВМ использоваться несколько. Если их удастся свести к одному, универсальному, то такой интерфейс называется ***стандартным***.

В IBM PC есть два стандартных интерфейса для связи **Пр** с внешними устройствами: **параллельный** (типа Centronics) и **последовательный** (типа RS-232) и USB.

Интерфейсы постоянно совершенствуются, с появлением новых ЭВМ, новых ВнУ и даже нового программного обеспечения появляются и новые интерфейсы.

Режимы функционирования ЭВМ и ВС



Однопрограммный режим работы

Если при обращении **Пр** к внешнему устройству продолжение процесса выполнения основной программы возможно только после завершения операции ввода-вывода, то **Пр**, запустив внешнее устройство, переходит в ***состояние ожидания*** и остается в нем до тех пор, пока **ВнУ** не сообщит об окончании обмена данными.

Это приводит к простою большинства устройств ЭВМ, так как в каждый момент времени может работать только одно из них.

Такой режим работы получил название ***однопрограммного*** — в каждый момент времени все устройства находятся в состоянии ожидания, и только одно устройство выполняет основную (и единственную) программу.



Многопрограммный режим работы



Для ликвидации простоев **Пр** и повышения эффективности работы оборудования **ВнУ** сделаны автономными.

Получив от **Пр** необходимую информацию, они самостоятельно организуют свою работу по обмену данными. Процессор же, запустив **ВнУ**, пытается продолжить выполнение программы.

При необходимости **Пр** может запустить в работу несколько других устройств (так как **ВнУ** работают значительно медленнее процессора).

Поскольку в **ОП** может одновременно находиться несколько различных программ, **Пр** может переходить к выполнению очередной программы.

При этом создается ситуация, когда в один и тот же момент времени различные устройства ЭВМ выполняют либо разные программы, либо разные части одной и той же программы, такой режим работы ЭВМ называется *многопрограммным*



Структура машинной команды:

Код операции (КО)	Адресная часть
----------------------	----------------

В зависимости от количества используемых в команде операндов различаются одно-, двух-, трехадресные и безадресные команды.

В **одноадресных командах** указывается, где находится один из двух обрабатываемых операндов. Второй операнд должен быть помещен заранее в арифметическое устройство (для этого в систему команд вводятся специальные команды пересылки данных между устройствами).

КО	A1
-----------	-----------

Двухадресные команды содержат указания о двух операндах, размещаемых в памяти (или в регистрах и памяти). После выполнения команды в один из этих адресов засылается результат, а находившийся там операнд теряется.

КО	A1	A2
-----------	-----------	-----------

В **трехадресных командах** обычно два адреса указывают, где находятся исходные операнды, а третий - куда необходимо поместить результат.

КО	A1	A2	A3
-----------	-----------	-----------	-----------

В **безадресных командах** обычно обрабатывается один операнд, который до и после операции находится на одном из регистров арифметико-логического устройства (АЛУ). Кроме того, безадресные команды используются для выполнения служебных операций (очистить экран, заблокировать клавиатуру, снять блокировку и др.).

Современные ЭВМ имеют достаточно развитые системы машинных операций. Например, ЭВМ типа IBM PC имеют около 200 различных операций (170 — 230 в зависимости от типа микропроцессора). Любая операция в ЭВМ выполняется по определенной микропрограмме, реализуемой в схемах АЛУ соответствующей последовательностью сигналов управления (микрокоманд). Каждая отдельная микрокоманда — это простейшее элементарное преобразование данных типа алгебраического сложения, сдвига, перезаписи информации и т.п.

Сферы применения и классификация средств ЭВТ



Электронную вычислительную технику (ЭВТ) подразделяют на **аналоговую и цифровую**.

В **аналоговых** вычислительных машинах (**АВМ**) обрабатываемая информация представляется соответствующими значениями аналоговых величин: тока, напряжения, угла поворота какого-то механизма и т.п. Эти машины обеспечивают ***приемлемое быстроедействие, но не очень высокую точность вычислений (0.001—0.01)***.

Подобные машины используются в основном в проектных и научно-исследовательских учреждениях в составе различных стендов по отработке сложных образцов техники. Их можно рассматривать как ***специализированные вычислительные машины***.

Под словом **ЭВМ** обычно понимают **цифровые вычислительные машины (ЦВМ)**, в которых информация кодируется двоичными кодами чисел. Именно эти машины благодаря универсальным возможностям и являются самой массовой вычислительной техникой.

Рынок современных компьютеров

Отличается разнообразием и динамизмом

Ежегодно:

- стоимость вычислений сокращается примерно на 25 — 30%,
- стоимость хранения единицы информации — до 40%.

Практически каждое десятилетие меняется поколение машин, каждые два года — основные типы микропроцессоров — СБИС, определяющих характеристики новых ЭВМ. Такие темпы сохраняются уже многие годы.

То, что 10 — 15 лет назад считалось современной большой ЭВМ, в настоящее время является устаревшей техникой с очень скромными возможностями.

В этих условиях любая классификация ЭВМ очень быстро устаревает и нуждается в корректировке.

Три глобальные сферы использования качественно различных типов ЭВМ

- 1. Автоматизация вычислений** — традиционное применение ЭВМ
- 2. Системы управления** - родилась примерно в 60-е годы, когда ЭВМ стали интенсивно внедряться в контуры управления автоматических и автоматизированных систем.

3. Решение задач искусственного интеллекта -

предполагается получение не точного результата, а чаще всего осредненного в статистическом, вероятностном смысле.

Примеры подобных задач:

- задачи робототехники,
- доказательства теорем,
- машинного перевода текстов с одного языка на другой,
- планирования с учетом неполной информации,
- составления прогнозов,
- моделирования сложных процессов и явлений и т.д.

Уже это небольшое перечисление областей применения ЭВМ показывает, что для решения различных задач нужна соответственно и различная вычислительная техника.

Поэтому рынок компьютеров постоянно имеет широкую градацию классов и моделей ЭВМ.

Фирмы-производители средств ВТ очень внимательно отслеживают состояние рынка ЭВМ. Они не просто констатируют отдельные факты и тенденции, а стремятся активно воздействовать на них и опережать потребности потребителей.

Так, например, фирма IBM, выпускающая примерно 80% мирового машинного “парка”, в настоящее время выпускает в основном **6 классов компьютеров**, перекрывая ими широкий класс задач пользователей.

- **Большие ЭВМ (mainframe)** — многопользовательские машины с центральной обработкой, с большими возможностями для работы с базами данных, с различными формами удаленного доступа.
- **Машины RS/6000** — очень мощные по производительности и предназначенные для построения рабочих станций для работы с графикой, Unix-серверов, кластерных комплексов. Первоначально эти машины предполагалось применять для обеспечения научных исследований.
- **Средние ЭВМ** — предназначены в первую очередь для работы в финансовых структурах (ЭВМ типа AS/400 (Advanced Portable Model 3) — “бизнес-компьютеры”, 64-разрядные). В этих машинах особое внимание уделяется сохранению и безопасности данных, программной совместимости и т.д. Они могут использоваться в качестве серверов в локальных сетях.
- **Компьютеры на платформе микросхем фирмы Intel.** IBM-совместимые компьютеры этого класса составляют примерно 50% рынка всех СВТ. Более половины их поступает в сферу малого бизнеса. Несмотря на столь внушительный объем выпуска ПЭВМ этой платформы, фирма IBM развивает собственную альтернативную платформу, получившую название Power PC.
- **Супер-компьютеры** - крупномасштабные задачи, требующие выполнения больших объемов вычислений. Особенно эффективно применение суперЭВМ при решении задач проектирования, в которых натурные эксперименты оказываются дорогостоящими, недоступными или практически неосуществимыми.
- **встраиваемые микропроцессоры** - применяются в бытовой технике; в городском хозяйстве: энерго-, тепло-, водоснабжении, регулировке движения транспорта и т.д.; на производстве: робототехнике, управлении технологическими процессами.

Классификация ЭВМ по их использованию в сетях

вычислительные системы (**ВС**) — используются для обслуживания крупных сетевых банков данных;

кластерные структуры (**КС**) — используются для обслуживания многомашинных распределенных вычислительных систем;

серверы — используются для управления тем или иным ресурсом сети (файлы, базы данных, приложения и т.д.);

сетевые компьютеры (**СК**) — для организация пользовательского интерфейса.

Требуемое количество для отдельной развитой страны, такой, как Россия, должно составлять:

- суперЭВМ — 100—200 шт. (10^2),
- больших ЭВМ — тысячи (10^3),
- средних — десятки и сотни тысяч (10^{4-5}),
- ПЭВМ — миллионы (10^6),
- встраиваемых микроЭВМ — миллиарды (10^9).