

# Принципы построения и архитектура ЭВМ





# Основные блоки ЭВМ

- ❖ **ЦП** — центральный процессор
- ❖ **ОП** — оперативная память
- ❖ **ВУ** — внешние устройства
- ❖ **ЗУ** — запоминающее устройство
- ❖ **УВВ** — устройство ввода - вывода
- ❖ **СВ/В** — система ввода/вывода
- ❖ **УУ** — устройства управления
- ❖ **УР** — управляющие регистры

- ❖ **АЛУ** — арифметико-логическое устройство
- ❖ **РП** — регистровая память
- ❖ **ИБ** — интерфейсный блок
- ❖ **БКФ** — блок контроля и диагностики
- ❖ **РОН** — регистры общего назначения
- ❖ **ПЗУ** — постоянное запоминающее устройство
- ❖ **ОЗУ** — оперативное запоминающее устройство



# Архитектурные решения

Большинство вычислительных машин построено на принципах фон Неймана.



# Однопроцессорный компьютер

Все функциональные блоки связаны между собой **общей шиной**, называемой также **системной магистралью**.



# Многопроцессорная архитектура

Наличие в компьютере нескольких процессоров означает, что параллельно может быть организовано много потоков данных и много потоков команд. Таким образом, параллельно могут выполняться несколько фрагментов одной задачи.



# Многомашинная вычислительная система

Несколько процессоров, входящих в вычислительную систему, не имеют общей оперативной памяти, а имеют каждый свою (локальную).

Каждый компьютер в многомашинной системе имеет классическую архитектуру, и такая система применяется достаточно широко.



# Принципы Джона фон Неймана

## ❖ Принцип программного управления

программа состоит из набора команд, которые выполняются процессором автоматически друг за другом в определенной последовательности

## ❖ Принцип однородности памяти

программы и данные хранятся в одной и той же памяти

## ❖ Принцип адресности

основная память состоит из перенумерованных ячеек; процессору в произвольный момент времени доступна любая ячейка





# Машина Джона фон Неймана

— это вычислительная система, построенная на следующих принципах:

Основные блоки:

АЛУ, УУ, ЗУ, УВВ

Программы и данные:

хранятся в одной и той же памяти

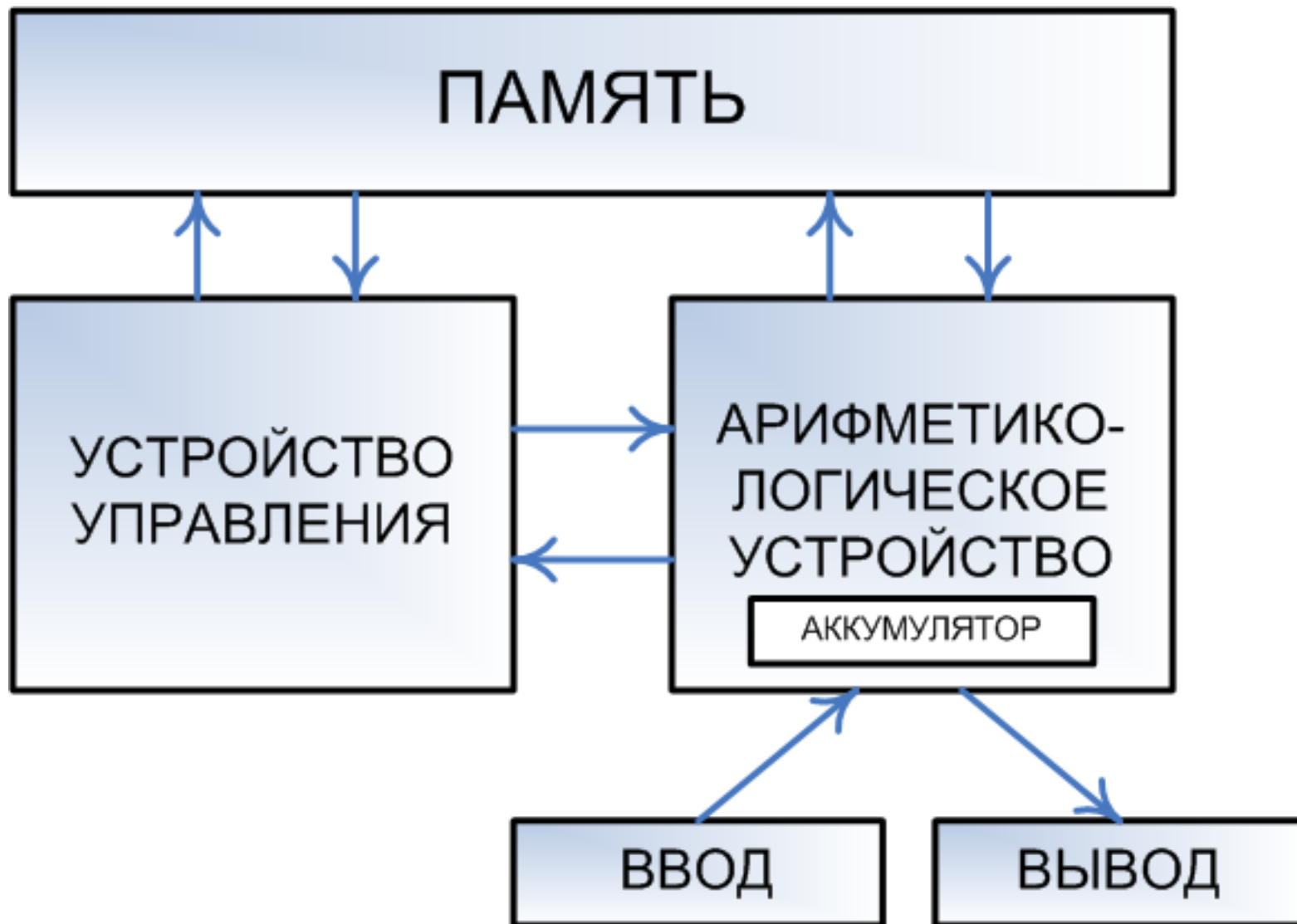
ЦП = АЛУ + УУ

Внутренний код машины: двоичный





# Архитектура вычислительной машины фон Неймана





# Системная магистраль

- ❖ Физически магистраль представляет собой многопроводную линию с гнездами для подключения электронных схем. Совокупность проводов магистрали разделяется на отдельные группы: **шину адреса, шину данных и шину управления.**
- ❖ Периферийные устройства (принтер и др.) подключаются к аппаратуре компьютера через специальные **контроллеры** — устройства управления периферийными устройствами.



# Контроллер

❖ **Контроллер** — устройство, которое связывает периферийное оборудование или каналы связи с центральным процессором, освобождая процессор от непосредственного управления функционированием данного оборудования.

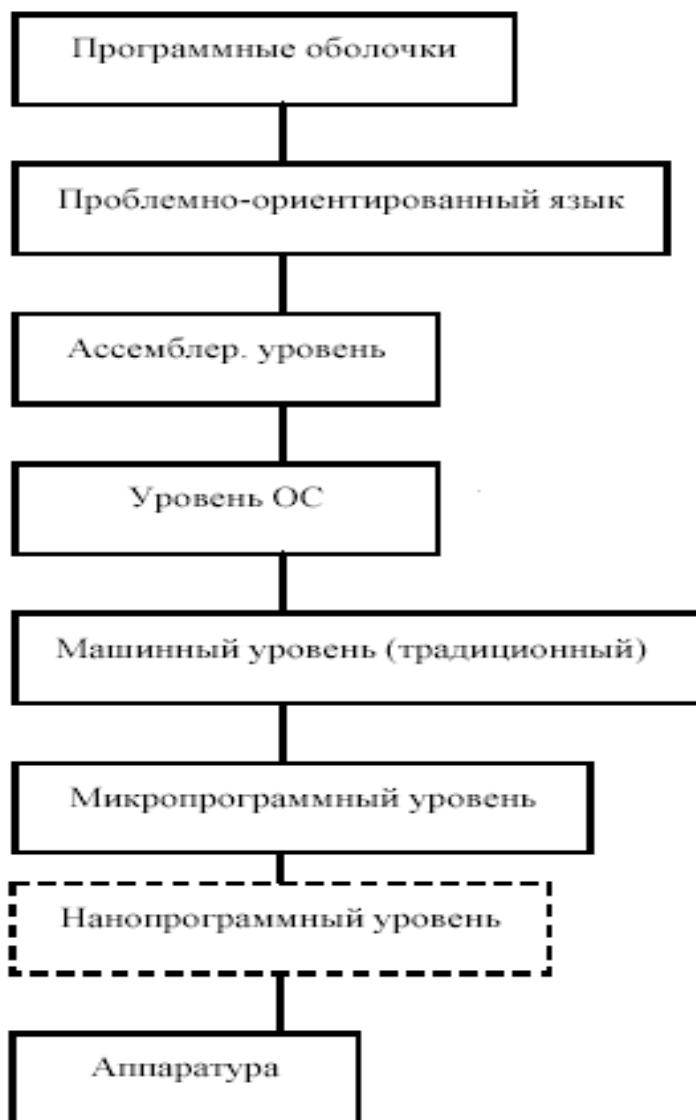


# Уровни организации ЭВМ

Аппаратные средства любой ЭВМ способны выполнять только ограниченный набор сравнительно простых команд. Эти примитивные команды составляют так называемый машинный язык машины. Говоря о сложности аппаратуры компьютера, машинные команды целесообразно делать как можно проще, но примитивность большинства машинных команд делает их использование неудобным и трудным. Вследствие чего разработчики вводят другой набор команд более удобный для человеческого общения (языки более высокого уровня).



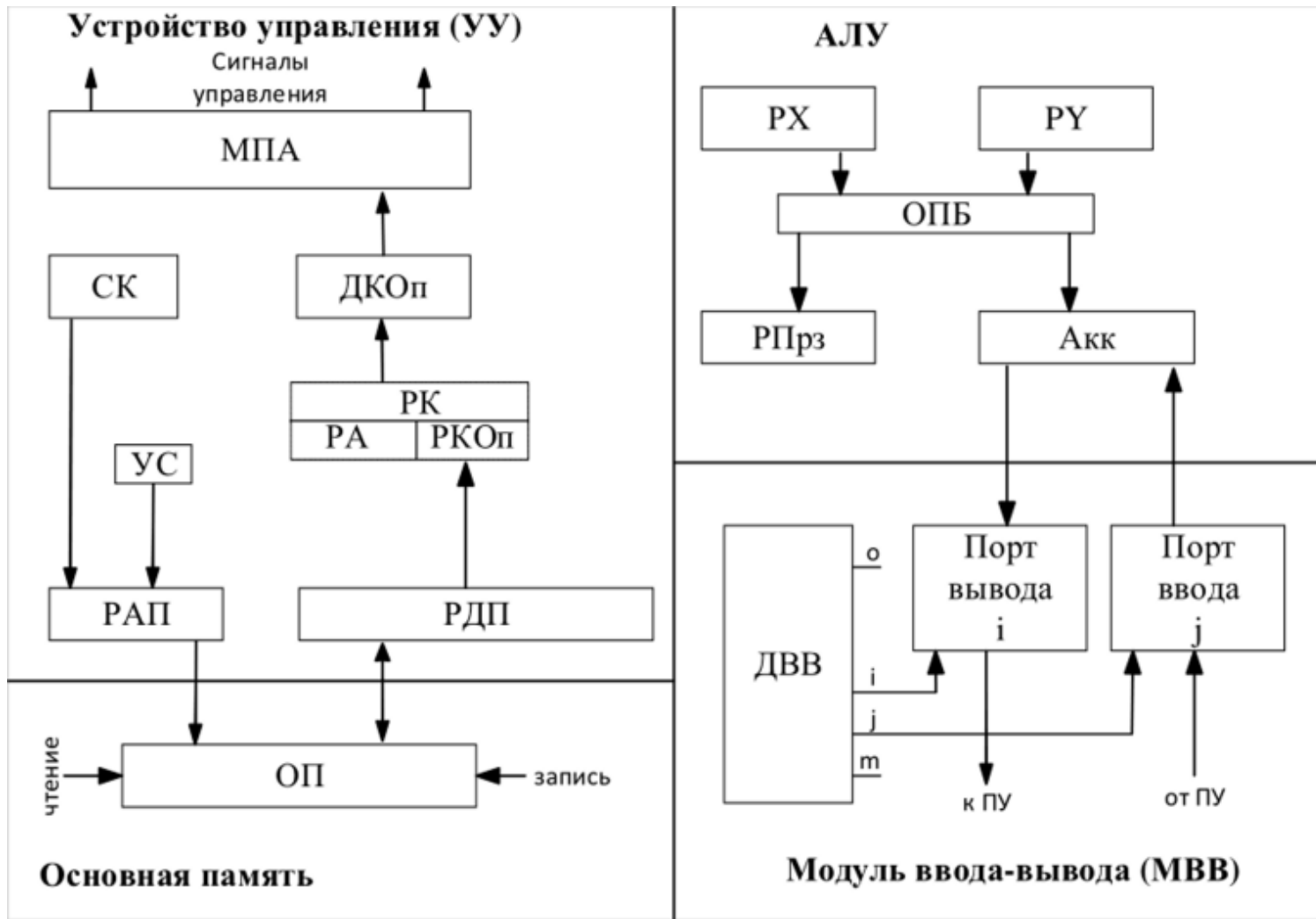
# Уровни организации ЭВМ





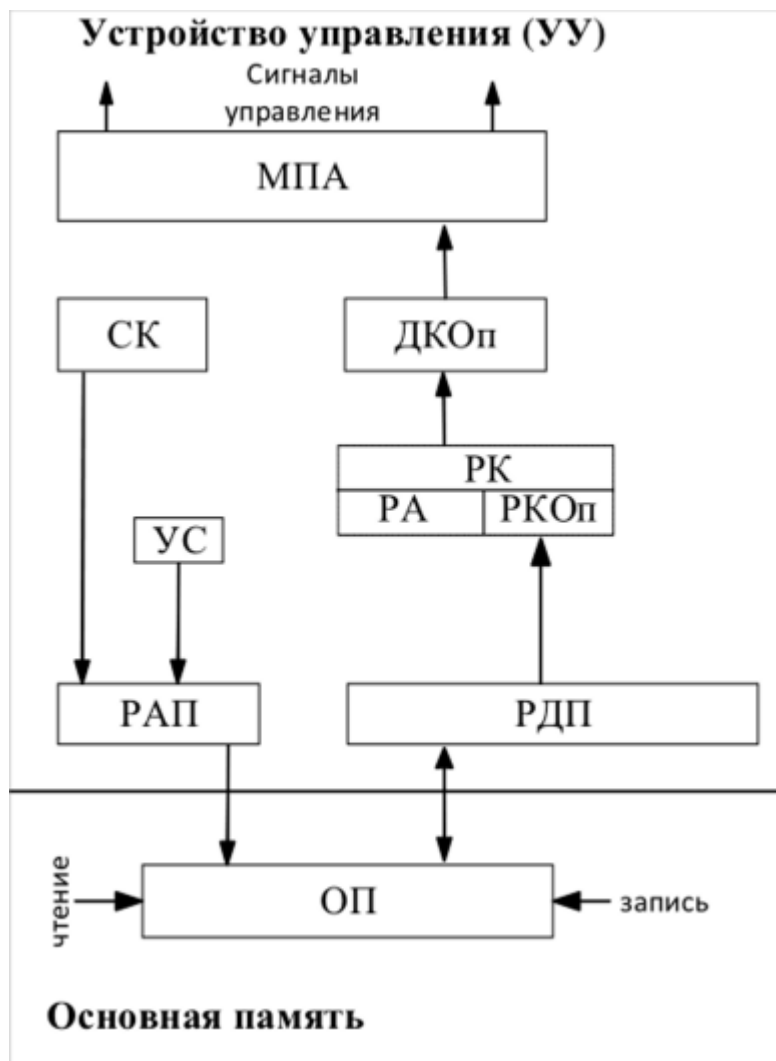
# Функциональная организация ЭВМ

На функциональной схеме показаны типовые узлы каждого из основных устройств ЭВМ





# Функциональная организация ЭВМ



Расшифровка обозначений:

- ❖ МПА - микропрограммный автомат;
- ❖ СК - счетчик команд;
- ❖ ДКОп - дешифратор кода операции;
- ❖ РК - регистр команд;
- ❖ РКОп - регистр кода операции;
- ❖ РА - регистр адреса;
- ❖ УС - указатель стека;
- ❖ РАП - регистр адреса памяти;
- ❖ РДП - регистр данных памяти;
- ❖ ОП - основная память;





# Функциональная организация ЭВМ

**Устройство управления (УУ)** - важнейшая часть ЭВМ, организующая автоматическое выполнение программ (путем реализации функций управления) и обеспечивающая функционирование ЭВМ как единой системы.

Основной функцией УУ является формирование управляющих сигналов, отвечающих за извлечение команд из памяти в порядке, определяемом программой, и последующее исполнение этих команд. Кроме того, УУ формирует сигналы управления для синхронизации и координации внутренних и внешних устройств ЭВМ.

**Счетчик команд (СК)** - неотъемлемый элемент устройства управления любой ЭВМ, построенной в соответствии с фон-неймановским принципом программного управления.

Перед началом вычислений в СК заносится адрес ячейки основной памяти, где хранится команда, которая должна быть выполнена первой. В процессе выполнения каждой команды содержимое СК увеличивается на длину выполняемой команды, таким образом получается адрес следующей команды.



# Функциональная организация ЭВМ

## Регистр команды

Чтобы приступить к выполнению команды, ее необходимо извлечь из памяти и разместить в регистре команды (РК). Этот этап носит название выборки команды.

Любая команда содержит два поля: поле кода операции и поле адресной части. Учитывая это обстоятельство, регистр команды иногда рассматривают как совокупность двух регистров - регистра кода операции (РКОп) и регистра адреса (РА), в которых хранятся соответствующие составляющие команды.

**Указатель стека** (УС) - это регистр, где хранится адрес вершины стека. В реальных вычислительных машинах стек реализуется в виде участка основной памяти, обычно расположенного в области наибольших адресов.



# Функциональная организация ЭВМ

**Регистр адреса памяти (РАП)** предназначен для хранения адреса ячейки основной памяти вплоть до завершения операции (считывание или запись) с этой ячейкой. Наличие РАП позволяет компенсировать различия в быстродействии ОП и прочих устройств машины.

**Регистр данных памяти (РДП)** призван компенсировать разницу в быстродействии запоминающих устройств и устройств, выступающих в роли источников и потребителей хранимой информации. В РДП при чтении заносится содержимое ячейки ОП, а при записи - помещается информация, подлежащая сохранению в ячейке ОП. Собственно момент считывания и записи в ячейку определяется сигналами ЧтЗУ и ЗпЗУ соответственно.

**Дешифратор кода операции (ДКОп)** преобразует код операции в форму, требуемую для работы микропрограммного автомата (МПА). Информация после декодирования определяет последующие действия МПА, а ее вид зависит от организации МПА.



# Функциональная организация ЭВМ

**Микропрограммный автомат (МПА)** формирует последовательность сигналов управления, в соответствии с которыми производятся все действия, необходимые для выборки из памяти и выполнения команд. Исходной информацией для МПА служат: декодированный код операции, состояние признаков (флагов), характеризующих результат предшествующих вычислений, а также внешние запросы на прерывание текущей программы и переход на программу обслуживания прерывания.

В зависимости от способа формирования микрокоманд различают микропрограммные автоматы:

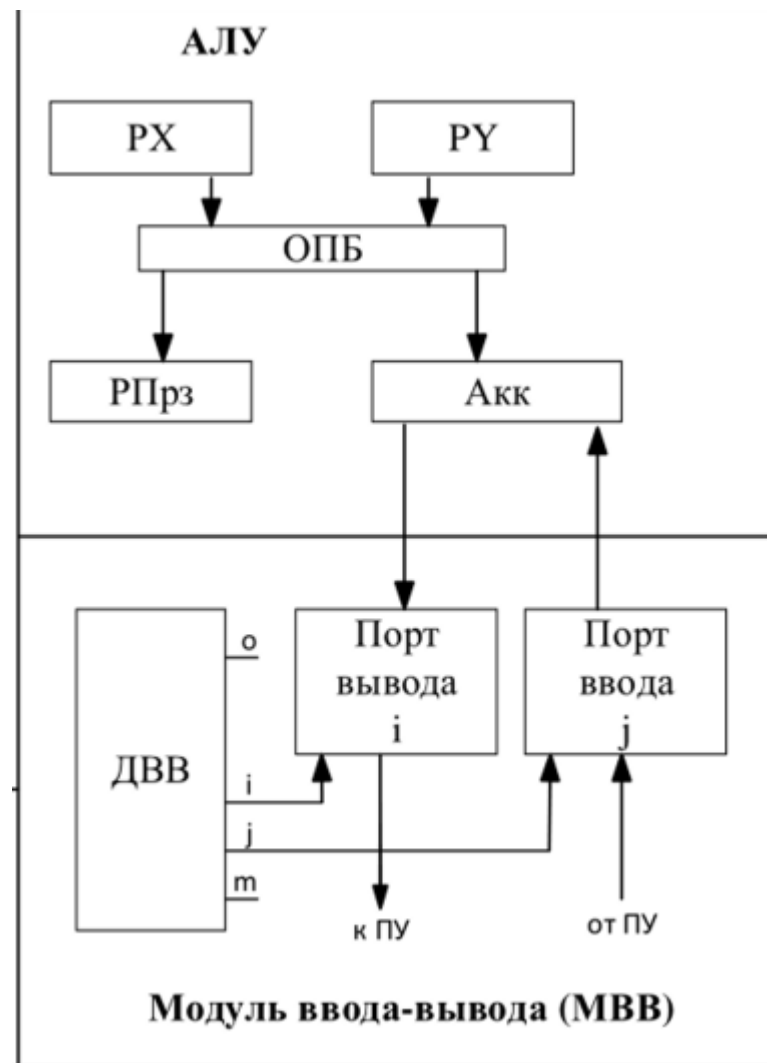
- с жесткой или аппаратной логикой;
- с программируемой логикой.



# Функциональная организация ЭВМ

Расшифровка обозначений:

- ❖ РХ - регистр Х;
- ❖ РY - регистр Y;
- ❖ ОПБ - операционный блок;
- ❖ РПрз - регистр признаков;
- ❖ Акк - аккумулятор;
- ❖ ДВВ - дешифратор номера порта ввода-вывода;
- ❖ ПУ - периферийное устройство.





# Функциональная организация ЭВМ

## **Арифметико-логическое устройство (АЛУ)**

Это устройство, как следует из его названия, предназначено для арифметической и логической обработки данных. Он состоит из элементов:

**Операционный блок (ОПБ)** представляет собой ту часть АЛУ, которая, собственно, и выполняет арифметические и логические операции над поданными на вход операндами. Выбор конкретной операции из возможного списка операций для данного ОПБ определяется кодом операции команды.

## **Регистры операндов**

**Регистры РХ и РУ** обеспечивают сохранение операндов на входе операционного блока вплоть до получения результата операции и его записи (в нашем случае в аккумулятор).





# Функциональная организация ЭВМ

**Регистр признаков (РПрз)** предназначен для фиксации и хранения признаков (флагов), характеризующих результат последней выполненной арифметической или логической операции. Такие признаки могут информировать о равенстве результата нулю, о знаке результата, о возникновении переноса из старшего разряда, переполнении разрядной сетки и т. д.

Формирование признаков осуществляется блоком формирования состояний регистра признаков, который может входить в состав ОПБ либо реализуется в виде внешней схемы, располагаемой между операционным блоком и РПрз.

**Аккумулятор (Акк)** - это регистр, на который возлагаются самые разнообразные функции. Так, в него предварительно загружается один из операндов, участвующих в арифметической или логической операции. В Акк может храниться результат предыдущей команды и в него же заносится результат очередной операции. Через Акк зачастую производятся операции ввода и вывода.





# Функциональная организация ЭВМ

## **Основная память**

Вне зависимости от типа используемых микросхем основная память (ОП) представляет собой массив запоминающих элементов (ЗЭ), организованных в виде ячеек, способных хранить некую единицу информации, обычно один байт. Каждая ячейка имеет уникальный адрес.

## **Модуль ввода/вывода**

На рисунке приведена упрощенная структура модуля ввода/вывода (МВВ) обеспечивает только пояснение логики работы ЭВМ.

Задачей МВВ является обеспечение подключения к ЭВМ различных периферийных устройств (ПУ) и обмена информацией с ними. В рассматриваемом варианте МВВ состоит из дешифратора номера порта ввода/вывода, множества портов ввода и множества портов вывода.



# Функциональная организация ЭВМ

## **Порты ввода/вывода**

Портом называют схему, ответственную за передачу информации из периферийного устройства ввода в аккумулятор АЛУ (порт ввода) или из аккумулятора на периферийное устройство вывода (порт вывода). Схема обеспечивает электрическое и логическое сопряжение ЭВМ с подключенным к нему периферийным устройством.

## **Дешифратор номера порта ввода/вывода**

В модуле ввода/вывода рассматриваемой ЭВМ предполагается, что каждое ПУ подключается к своему порту. Каждый порт имеет уникальный номер, который указывается в адресной части команд ввода/вывода. Дешифратор номера порта ввода/вывода (ДВВ) обеспечивает преобразование номера порта в сигнал, разрешающий операцию ввода или вывода на соответствующем порте. Непосредственно ввод (вывод) происходит при поступлении из МПА сигнала Вв (Выв).



# Память ЭВМ

**Памятью ЭВМ называется совокупность устройств, служащих для запоминания, хранения и выдачи информации.**

**Отдельные устройства, входящие в эту совокупность, называются запоминающими устройствами (ЗУ) того или иного типа.**



# Память ЭВМ

По некоторым оценкам производительность компьютера на разных классах задач на 40-50% определяется характеристиками ЗУ различных типов, входящих в его состав.

К основным параметрам, характеризующим запоминающие устройства, относятся **емкость и быстродействие.**



# Емкость

**Емкость памяти** - это максимальное количество данных, которое в ней может храниться.

**Емкость запоминающего устройства** измеряется количеством адресуемых элементов (ячеек) ЗУ и длиной ячейки в битах.



# Емкость

В настоящее время практически все запоминающие устройства в качестве минимально адресуемого элемента используют 1 байт

1 байт = 8 двоичных разрядов (бит).

Емкость памяти обычно определяется в байтах, килобайтах, мегабайтах, гигабайтах и т.д.



# Память ЭВМ

За одно обращение к запоминающему устройству производится считывание или запись некоторой единицы данных, называемой **словом**, различной для устройств разного типа.

Это определяет разную организацию памяти.





# Память ЭВМ

Например, память объемом 1 мегабайт может быть организована как 1М слов по 1 байту, или 512К слов по 2 байта каждое, или 256К слов по 4 байта и т.д.



# Память ЭВМ

В то же время, в каждой ЭВМ используется свое понятие **машинного слова**, которое применяется при определении архитектуры компьютера, в частности при его программировании, и не зависит от размерности слова памяти, используемой для построения данной ЭВМ.

Например, компьютеры с архитектурой IBM PC имеют машинное слово длиной 2 байта.



# Быстродействие

Определяется продолжительностью операции обращения:

- ❖ временем, затрачиваемым на поиск нужной информации в памяти и на ее считывание,
- ❖ временем на поиск места в памяти, предназначенного для хранения данной информации.



# Классификация ЗУ





# Классификация ЗУ

ЗУ первого типа используются в процессе работы процессора для хранения выполняемых программ, исходных данных, промежуточных и окончательных результатов.

В ПЗУ хранятся системные программы, необходимые для запуска компьютера в работу, а также константы.

В некоторых ЭВМ, предназначенных, например, для работы в системах управления по одним и тем же неизменяемым алгоритмам, все программное обеспечение может храниться в ПЗУ.



# Микросхема ПЗУ

Микросхема ПЗУ (BIOS) содержит:

- ❖ BIOS (Basic Input/Output System)
- ❖ POST
- ❖ программа первоначальной загрузки
- ❖ программа SetUp



# ЗУ с произвольным доступом

## RAM - random access memory

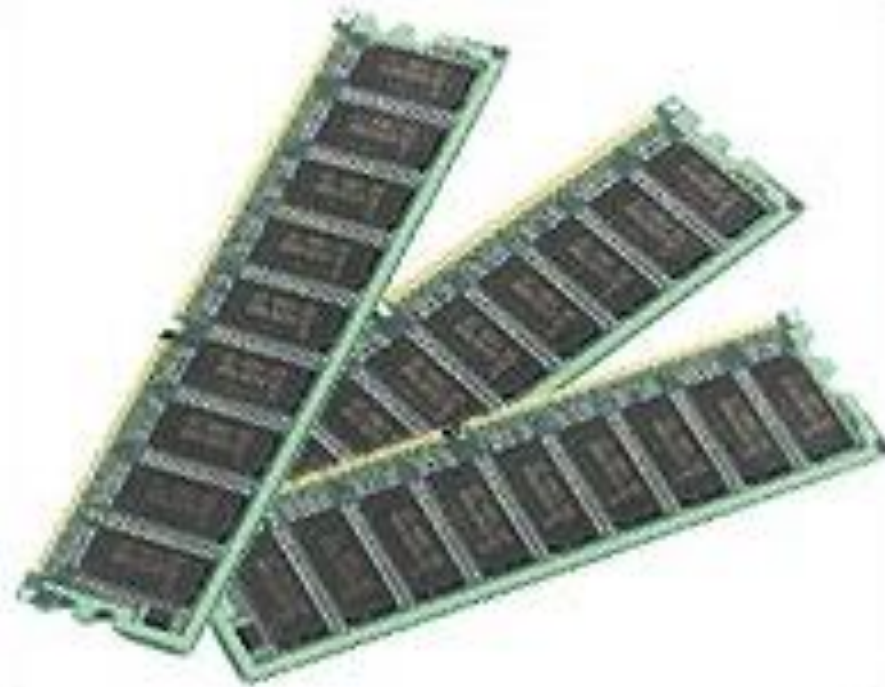
Время доступа не зависит от места расположения участка памяти (например, ОЗУ).

Типы:

- ❖ SDRAM,
- ❖ DDR SDRAM
- ❖ DR DRAM

Аппаратная реализация:

- ❖ модули SIMM, DIMM







ЗУ с произвольным доступом

**Презентация – оперативная память**

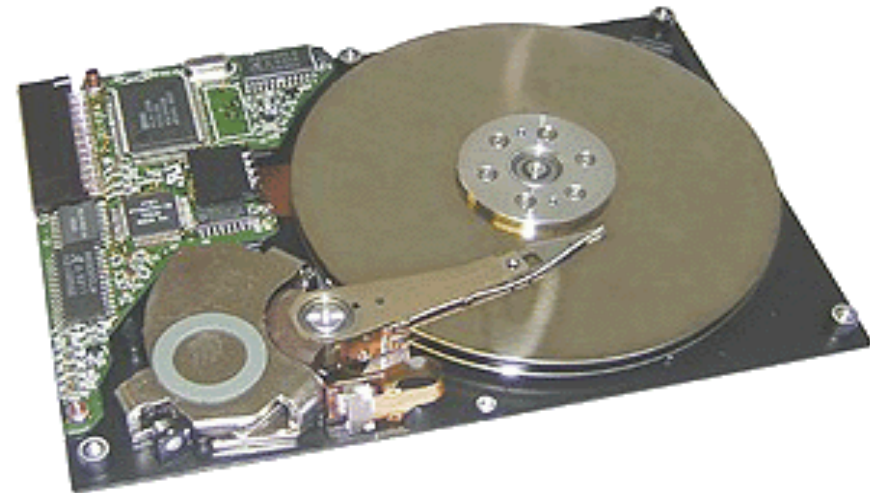


# ЗУ с прямым (циклическим) доступом

Благодаря непрерывному вращению, возможность обращения к некоторому участку носителя циклически повторяется.

## Время доступа:

1. зависит от взаимного расположения участка и головок чтения/записи
2. определяется скоростью вращения носителя





# ЗУ с последовательным доступом

Последовательно  
просматриваются  
участки, пока нужный  
участок не займет  
некоторое нужное  
положение напротив  
головок чтения/записи



**Магнитные ленты**



# Иерархическая организация памяти в современных ЭВМ

## Идеальное ЗУ:

1. бесконечно большая емкость
2. бесконечно малое время обращения

На практике эти параметры находятся в противоречии друг другу: в рамках одного типа **ЗУ** улучшение одного из них ведет к ухудшению значения другого.

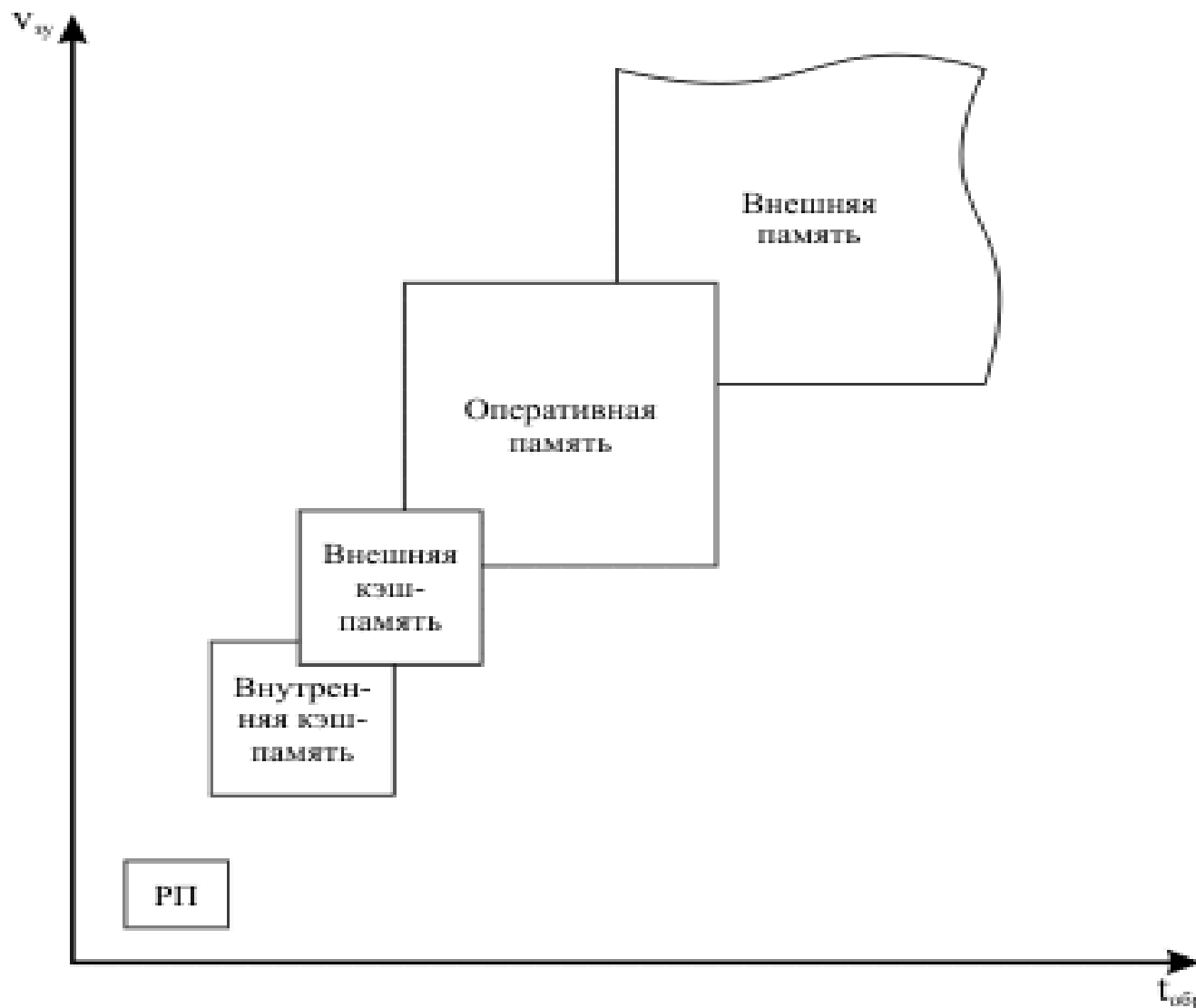


# Иерархическая организация памяти в современных ЭВМ

**Иерархическая структура памяти**  
позволяет экономически эффективно  
сочетать хранение больших объемов  
информации с быстрым доступом к  
информации в процессе ее обработки.



# Иерархическая организация памяти в современных ЭВМ







# Регистровая память

**Регистровая память** - набор регистров, входящих непосредственно в состав микропроцессора (CPU).

Регистры CPU программно доступны и хранят информацию наиболее часто используемую при выполнении программы: промежуточные результаты, составные части адресов, счетчики циклов и т.д.





# Регистровая память

**Регистровая память** имеет относительно небольшой объем (до нескольких десятков машинных слов).

**РП** работает на частоте процессора, поэтому время доступа к ней минимально.

Например, при частоте работы процессора 2 ГГц время обращения к его регистрам составит всего 0,5 нс.



# Оперативная память

**Оперативная память** - устройство, которое служит для хранения информации, непосредственно используемой в ходе выполнения программы в процессоре.

**Оперативная память** работает на частоте системной шины, например, при частоте работы системной шины 100 МГц время обращения к оперативной памяти составит несколько десятков наносекунд.



# Кэш-память

- ❖ более быстросействующая статическая оперативная память
- ❖ специальный механизм записи и считывания информации
- ❖ предназначена для хранения информации, наиболее часто используемой при работе программы
- ❖ программно недоступна. Для обращения ней используются аппаратные средства процессора и компьютера.



# Кэш-память



## **Внутренний**

располагается  
непосредственно  
на кристалле  
микропроцессора



## **Внешний**

располагается вне  
кристалла  
микропроцессора



# Кэш-память

## Презентация про кеш-память



# Жесткие диски

Презентация по HDD

Анатомия HDD



# Внешняя память

Магнитные и оптические диски, магнитные ленты.

Емкость дисковой памяти: 10-ки ГБ при времени обращения менее 1 мкс.

## Магнитные ленты:

1. малое быстродействие и большая емкость
2. используются в настоящее время в основном как устройства резервного копирования данных, обращение к которым происходит редко, а может быть и никогда.
3. Время обращения может достигать нескольких десятков секунд.





# Процессор

**Процессор** – выращенный по специальной технологии кристалл кремния.

Содержит в себе многие миллионы отдельных элементов – транзисторов, которые в совокупности наделяют компьютер способностью «думать» – вычислять, производя определённые математические операции с числами, в которые преобразается любая поступающая в компьютер информация.



# На кристалле процессора расположены

## Процессор

Главное  
вычислительное  
устройство

## Кэш-память 1 уровня

небольшая (несколько  
десятков Кб) сверхбыстрая  
память, предназначенная  
для хранения  
промежуточных  
результатов вычислений.

## Сопроцессор

специальный блок для  
операций с «плавающей  
точкой». Ведение особо  
точных и сложных  
расчётов, работа с рядом  
графических программ.

## Кэш-память 2 уровня

Более медленная,  
размер от 128 Кб до  
2048 Кб



# Характеристики процессора

- ❖ тип архитектуры (CISC, RISC)
- ❖ разрядность (бит): внутренняя (регистров) и внешняя (шины данных)
- ❖ наличие кэш-памяти
- ❖ тактовая частота (МГц)
- ❖ степень интеграции



# Характеристики процессора

**Тактовая частота** – величина, измеряемая в мегагерцах (МГц), показывает, сколько инструкций способен выполнить процессор в течение секунды.

Тактовая частота обозначается цифрой в названии процессора:

Pentium 4-2400, т.е. процессор поколения Pentium 4 с тактовой частотой 2400 МГц или 2.4 ГГц



# Характеристики процессора

Тактовая частота – самый важный показатель скорости работы процессора.

Но далеко не единственный. Иначе как объяснить тот странный факт, что процессоры Celeron, Athlon и Pentium 4 на одной и той же частоте работают... с разной скоростью?

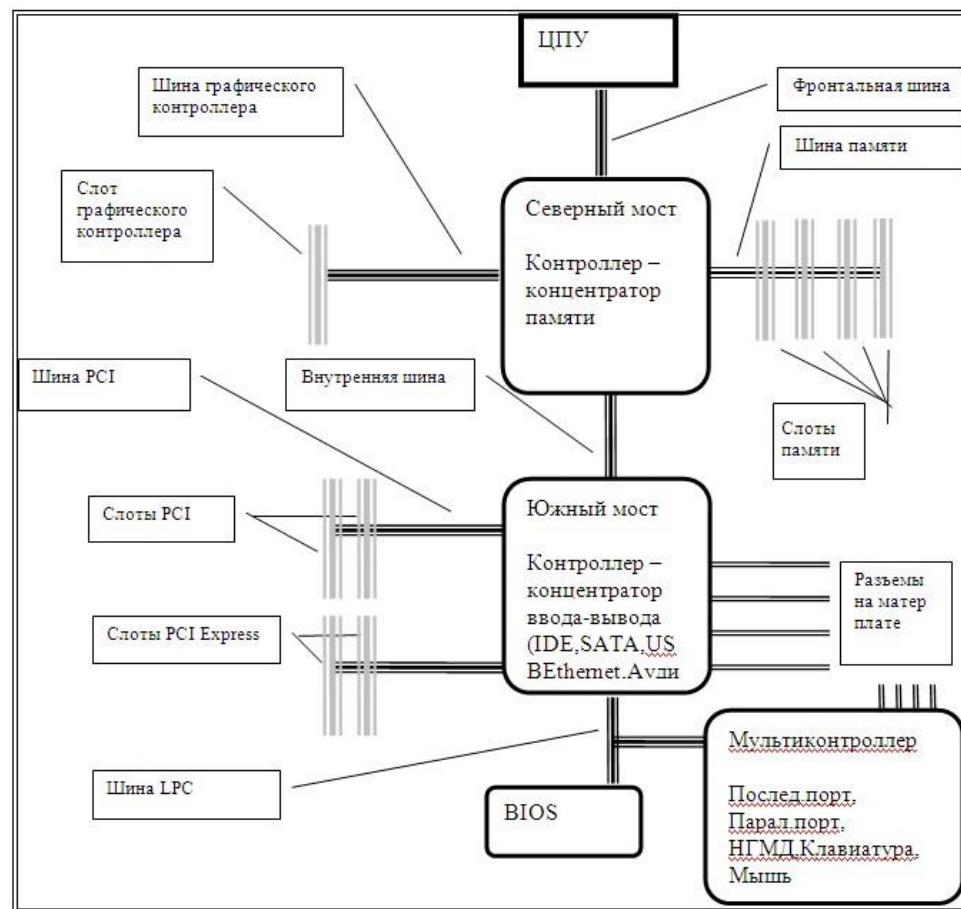


# Иерархия шин

Шины используются для передачи данных от центрального процессора к другим устройствам персонального компьютера.

Для того, чтобы согласовать передачу данных к отдельным компонентам, работающих на своей частоте, используется **чипсет** – набор контроллеров, конструктивно объединенных в **северный** и **южный мосты**:

- **Северный мост** отвечает за обмен информацией с оперативной памятью и видеосистемой
- **Южный** – за функционирование других устройств, подключаемых через соответствующие разъемы



В современных системах северный мост встроен в процессор.