

# Как устроен КОМПЬЮТЕР

## § 30. Принципы устройства компьютеров

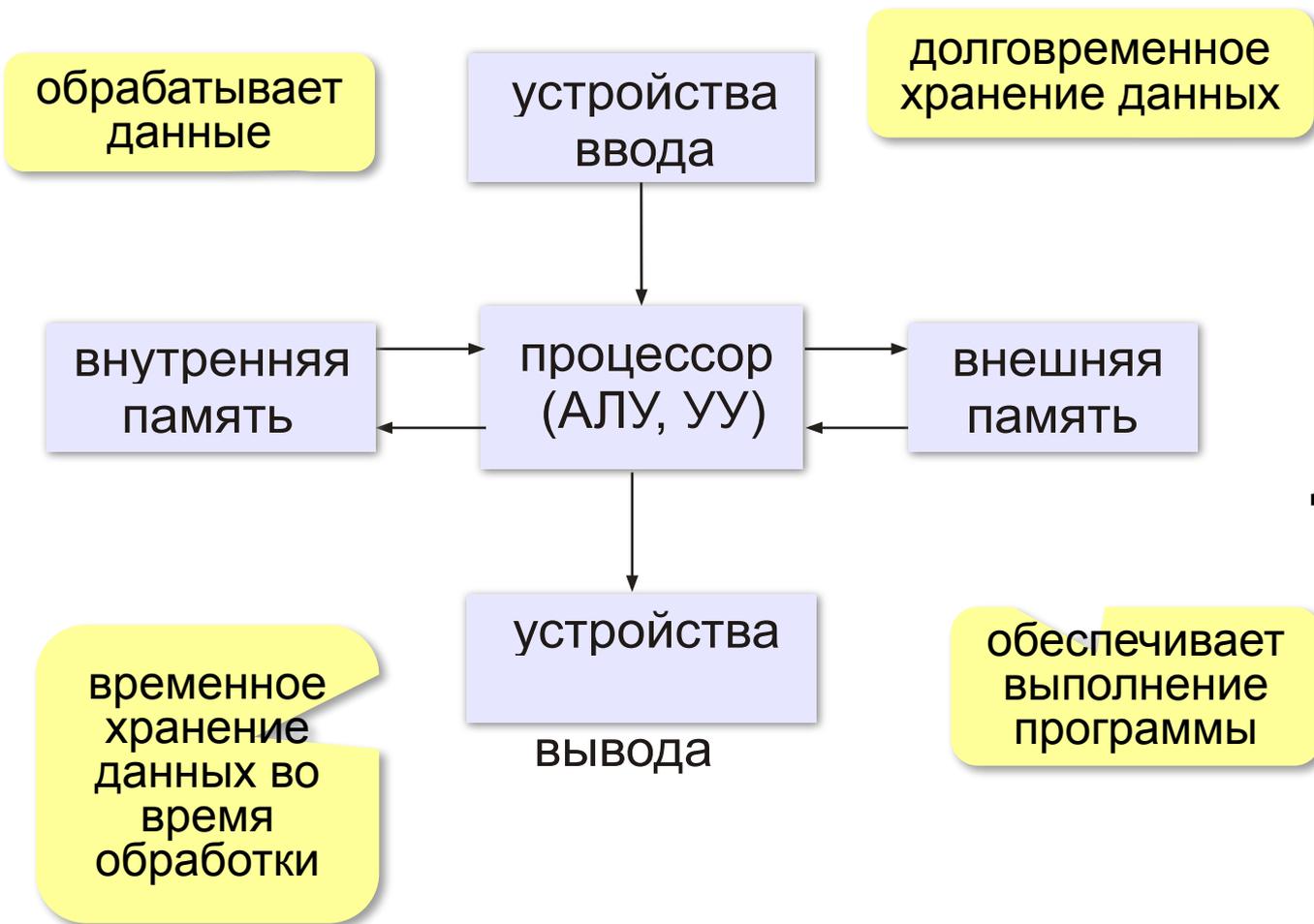
# Принципы устройства компьютеров

---

*А. Беркс, Г. Голдстайн и Дж. фон Нейман:*  
«Предварительное рассмотрение логической конструкции электронного вычислительного устройства» (1946)

- состав основных компонентов вычислительной машины
- принцип двоичного кодирования
- принцип адресности памяти
- принцип иерархической (многоуровневой) организации памяти
- принцип хранимой программы
- принцип программного управления

# Архитектура фон Неймана



**Джон фон Нейман**  
(1903-1957)

# Принцип двоичного кодирования

Все данные хранятся в двоичном коде.



→ 1001010100...



проще устройства для хранения и обработки данных

Троичная ЭВМ «Сетунь» (1959)



Н.П. Брусенцов

# Принцип адресности памяти

---

- оперативная память состоит из отдельных битов
- группы соседних битов объединяются в ячейки
- каждая ячейка имеет свой адрес (номер)
- нумерация ячеек начинается с нуля
- за один раз можно прочитать или записать только целую ячейку

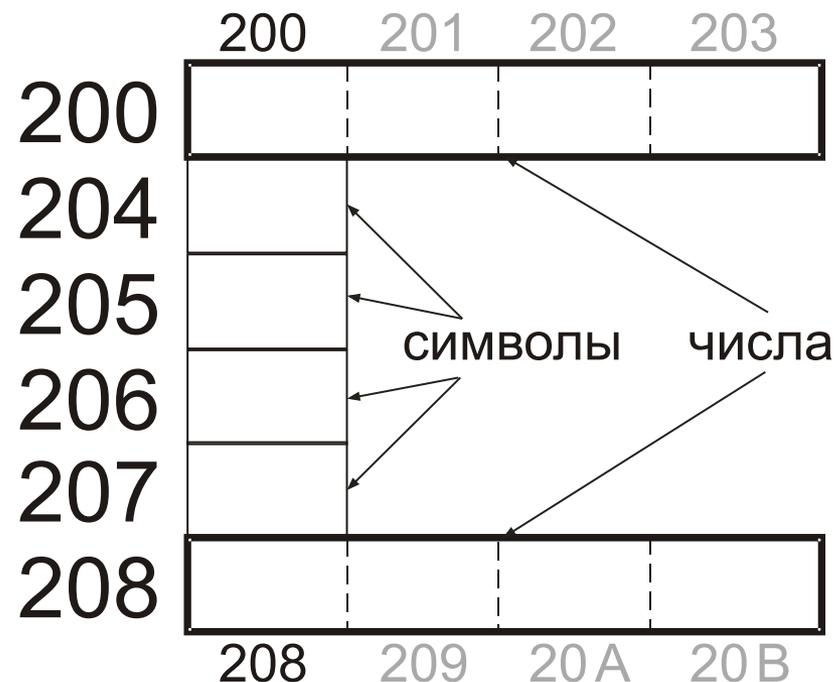
# Принцип адресности памяти

Размеры ячеек у первых ЭВМ – 36, 48, 60 битов  
сейчас – **8 битов**

Первые ЭВМ (I и II поколения)



III и IV поколения



# Память с произвольным доступом

---

**RAM** = *Random Access Memory*

чтение данных из ячеек и запись в них в произвольном порядке

**ОЗУ** – оперативное запоминающее устройство  
(оперативная память)

**ROM** = *Read Only Memory*

**ПЗУ** – постоянное запоминающее устройство

- содержит программное обеспечение для загрузки и тестирования компьютера
- запись запрещена

# Что такое архитектура?

**Архитектура компьютера** – это общие принципы построения конкретного семейства компьютеров (PDP, ЕС ЭВМ, Apple, IBM PC, ...).

- принципы построения системы команд и их кодирования
- форматы данных и особенности их машинного представления
- алгоритм выполнения команд программы
- способы доступа к памяти и внешним устройствам
- возможности изменения конфигурации оборудования

**К архитектуре НЕ относятся особенности конкретного компьютера:** набор микросхем, тип жёсткого диска, ёмкость памяти, тактовая частота и т.д.

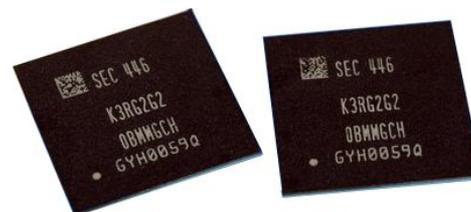
# Особенности мобильных компьютеров



процессор



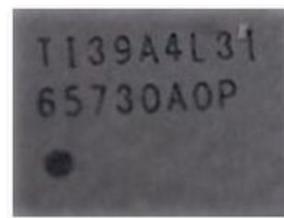
память



аккумулятор



контроллер  
дисплея



SIM-карта (*Subscriber  
Identification Module*)



Адаптер Bluetooth



→ беспроводные  
наушники  
и микрофон

# Особенности мобильных устройств

---

## Требования:

- уменьшенные размеры и вес
- специальные функции (приём и передача речи)
- экономия заряда аккумулятора
- геолокация (GPS)

# Особенности мобильных устройств

---

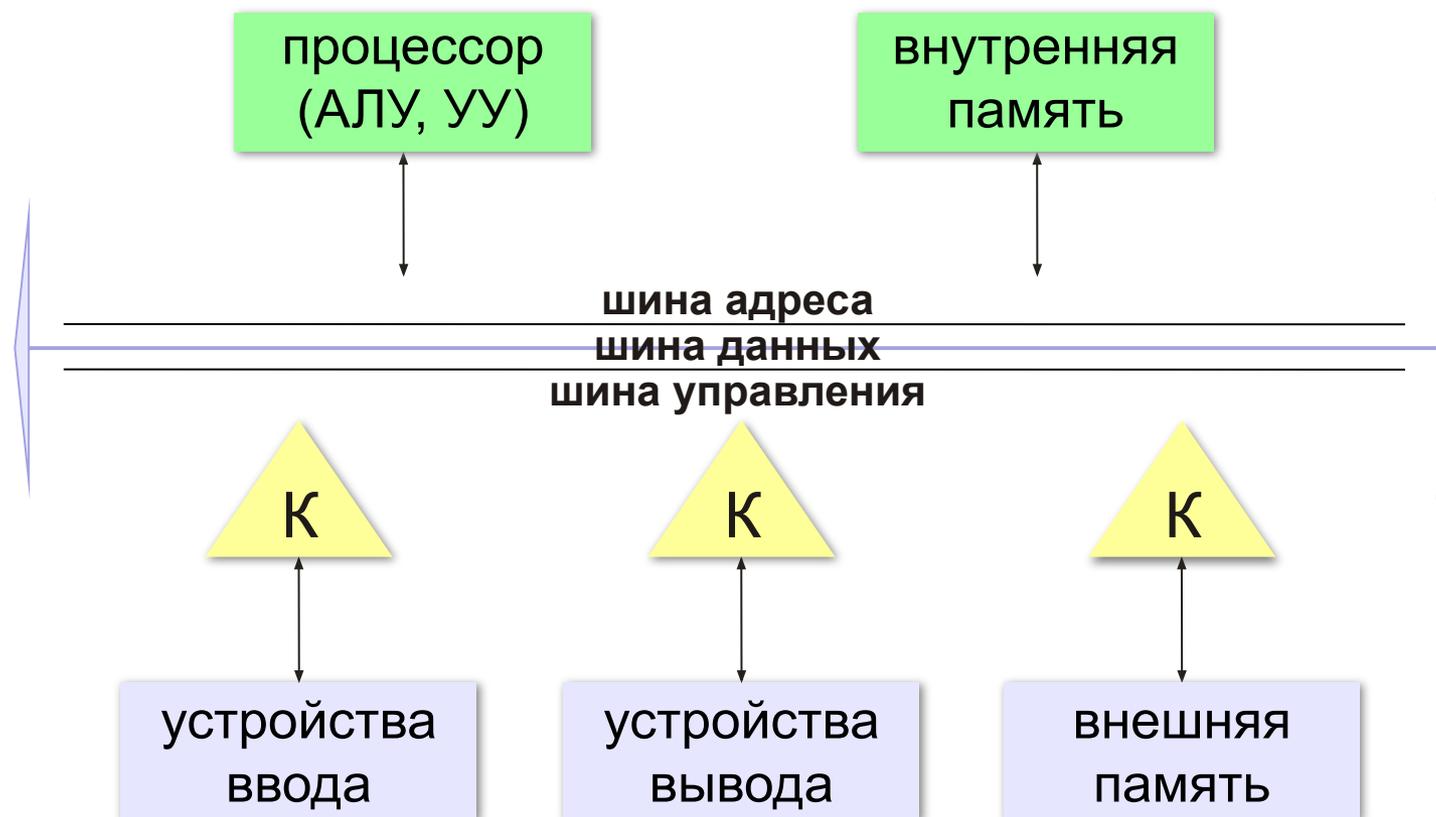
**Архитектура ARM** = *Advanced RISC Machine* – усовершенствованная RISC-машина

- процессор + ОЗУ + модули беспроводной связи на одном кристалле
- уменьшенное потребление энергии
- экономичные («спящие») режимы
- команды для цифровой обработки звука

# **§ 31. Магистрально-модульная организация компьютера**

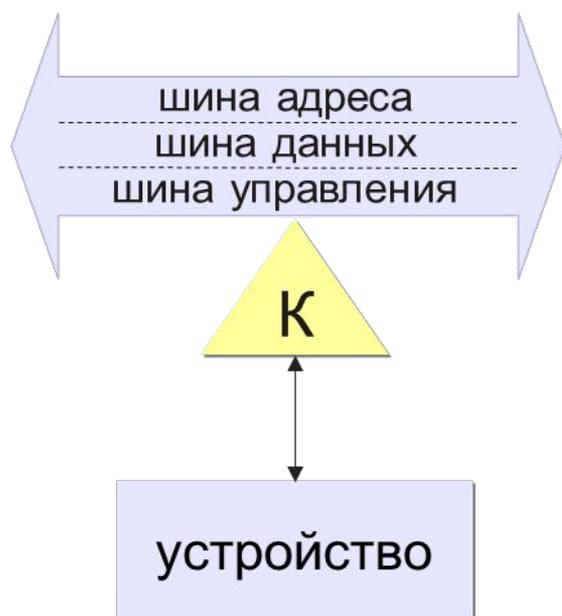
# Взаимодействие устройств

**Шина** (или магистраль) – это группа линий связи для обмена данными между несколькими устройствами компьютера.



# Контроллеры

**Контроллер** — это электронная схема для управления внешним устройством и простейшей предварительной обработки данных.



контроллер клавиатуры



контроллер диска



сетевая карта



видеокарта

# Архитектура современных компьютеров

---

**Магистрально-модульная архитектура:** набор устройств (**модулей**) легко расширяется путём подключения к шине (**магистрали**).

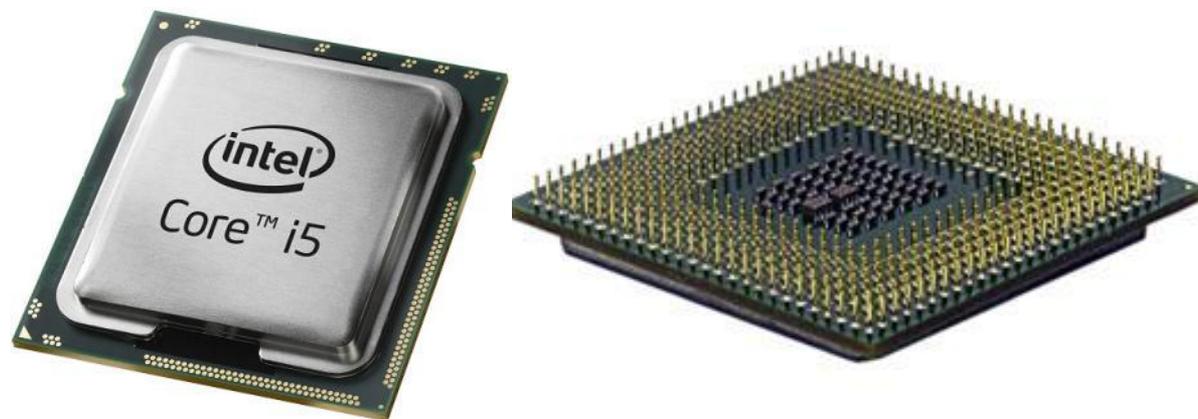
## Принцип открытой архитектуры (IBM):

- **спецификация** на шину (детальное описание всех параметров) опубликована
- производители могут выпускать **новые** совместимые устройства
- на материнской плате есть стандартные **разъёмы**
- нужны **драйвера** (программы управления) для каждого устройства

# § 32. Процессор

# Что такое процессор?

**Процессор** – это устройство, предназначенное для автоматического считывания команд программы, их расшифровки и выполнения.



- **АЛУ = арифметико-логическое устройство**, выполняет обработку данных
- **УУ = устройство управления**, которое управляет выполнением программы и обеспечивает согласованную работу всех узлов компьютера

# АЛУ

---

- 2 регистра
- сумматор
- схема управления операциями

**Регистр состояния процессора** – биты

устанавливаются по результату **R** последней операции

бит **Z** (zero) – установлен, если **R = 0**

бит **N** (negative) – установлен, если **R < 0**

бит **C** (carry) – установлен, если произошел перенос

**$R \leq 0$ :**

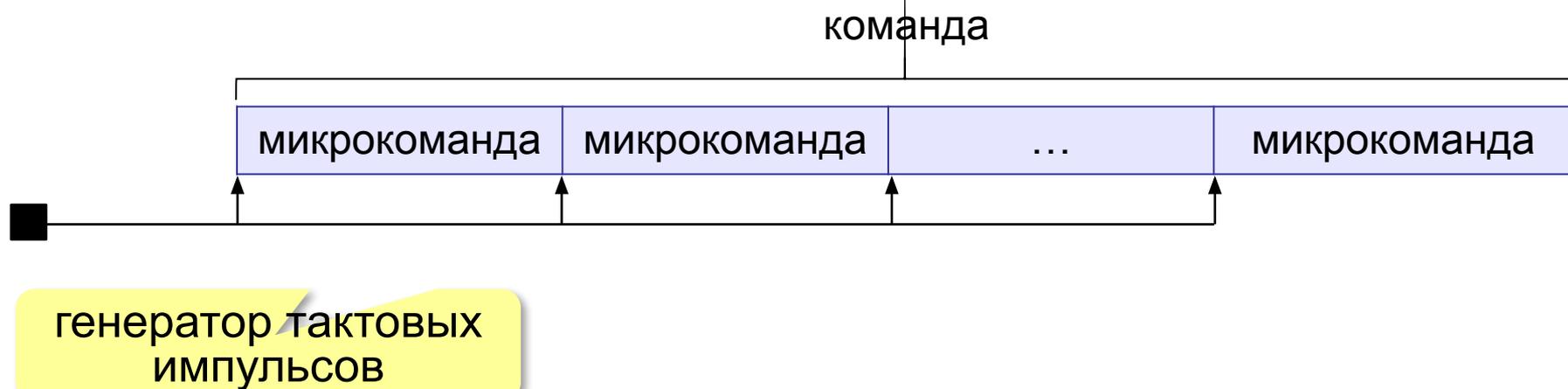
**$R \geq 0$ :**



АЛУ работает с целыми числами, **математический сопроцессор** – с вещественными!

# Устройство управления

- извлечение из памяти очередной команды
- расшифровка команды, определение необходимых действий
- определение адресов ячеек памяти, где находятся исходные данные
- занесение в АЛУ исходных данных
- управление выполнением операции
- сохранение результата



# Основные характеристики процессора

**Тактовая частота** — количество тактовых импульсов в секунду.

1 ГГц (гигагерц) = 1 млрд герц



Недостаточно для сравнения быстродействия!

**Разрядность** — это максимальное количество двоичных разрядов, которые процессор способен обработать за одну команду.

- разрядность **регистров**
- разрядность **шины данных**
- разрядность **шины адреса R**

Величина адресного пространства  $2^R$  байтов

# Система команд процессора

---

- команды **передачи** (копирования) данных
- **арифметические** операции
- **логические** операции, например «НЕ», «И», «ИЛИ», «исключающее ИЛИ»
- команды **ввода и вывода**
- команды **переходов** (условного, безусловного)



**Совместимость:** новые модели поддерживают все команды предыдущих!

**Intel 8080 → Pentium III → Core i7**

## § 33. Память

- **внутренняя или основная**  
(для хранения программ и данных в момент решения задачи), ОЗУ и ПЗУ
- **внешняя или долговременная**  
(... на длительный срок)

# Внутренняя память

**RAM** = *Random Access Memory*, обращение к ячейкам в любом порядке.

**ОЗУ** = оперативное запоминающее устройство

- 1) на электронно-лучевых трубках
- 2) на магнитных сердечниках

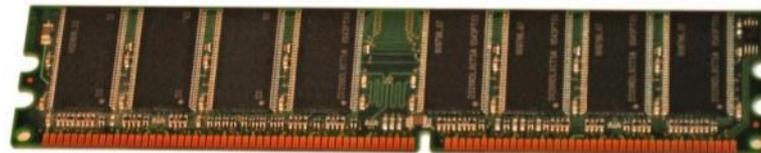
сейчас:

- 3) на триггерах (**статическая**):  
регистры, кэш-память



- 4) на полупроводниковых конденсаторах (**динамическая**):

- большая ёмкость
- меньшая стоимость
- меньшее быстродействие
- потребляет больше электроэнергии



# Внутренняя память – ПЗУ

**ПЗУ** = постоянное запоминающее устройство

первые: информация заносится только **на заводе**

затем **программируемые ПЗУ**

затем **перепрограммируемые ПЗУ** (флэш-память)

**Минимальный набор программ:**

- тестирование компьютера
- программа начальной загрузки
- программы для обмена данными с клавиатурой, монитором, принтером

В компьютерах IBM PC:

**BIOS** = *Basic Input/Output System*



# Внешняя память

**Внешняя память** — часть памяти компьютера, которая используется для долговременного хранения программ и данных.

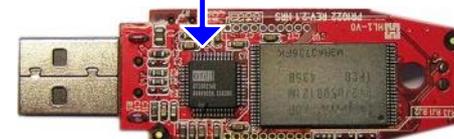
Устройства внешней памяти = **накопители**:

- на магнитных дисках
- на оптических дисках
- флэш-память
- ...

контроллер

К

НОСИТЕЛЬ



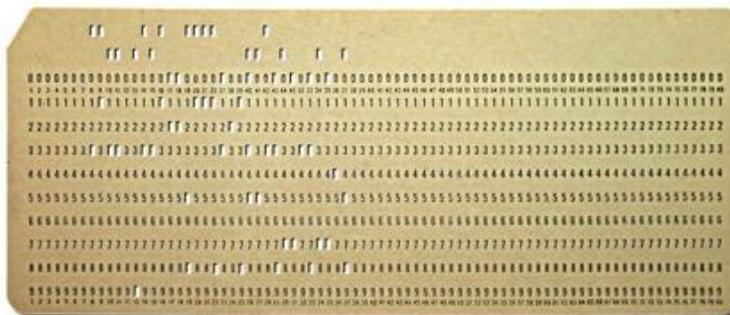
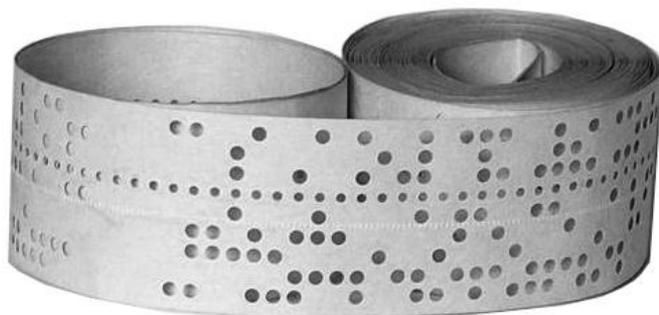
# Внешняя память

---

- данные располагается **блоками** (на дисках – *сектора*)
- блок данных читается и пишется как единое **целое**; работать с частью блока невозможно
- прежде чем процессор сможет использовать программу или данные, их нужно **загрузить** из внешней памяти в ОЗУ
- обменом данными управляют **контроллеры**

# Виды внешней памяти

- перфоленты, перфокарты



- магнитные ленты, магнитные диски



**Файловые системы!**

# Виды внешней памяти

- оптические диски

CD (*Compact Disk*)



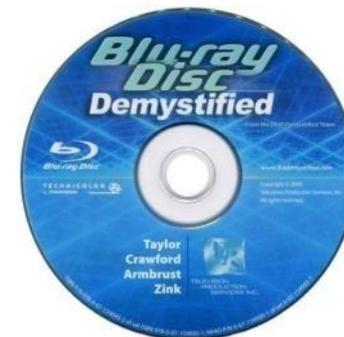
до 700 Мбайт

DVD (*Digital Versatile Disk*)



до 17,1 Гбайт

Blu-ray Disk



до 500 Гбайт

- флэш-память



флэш-карты



флэш-накопители



SSD  
(*Solid State Drive*)

# Кэш-память

---

**Кэш-память** — это память, ускоряющая работу другого (более медленного) типа памяти, за счёт сохранения прочитанных данных на случай повторного обращения к ним. **Не имеет собственных адресов ячеек!**

## Проблемы:

- небольшой объём, быстро заполняется
- при изменении данных в регистрах нужно обновлять кэш

Решаются **контроллером кэш-памяти**.

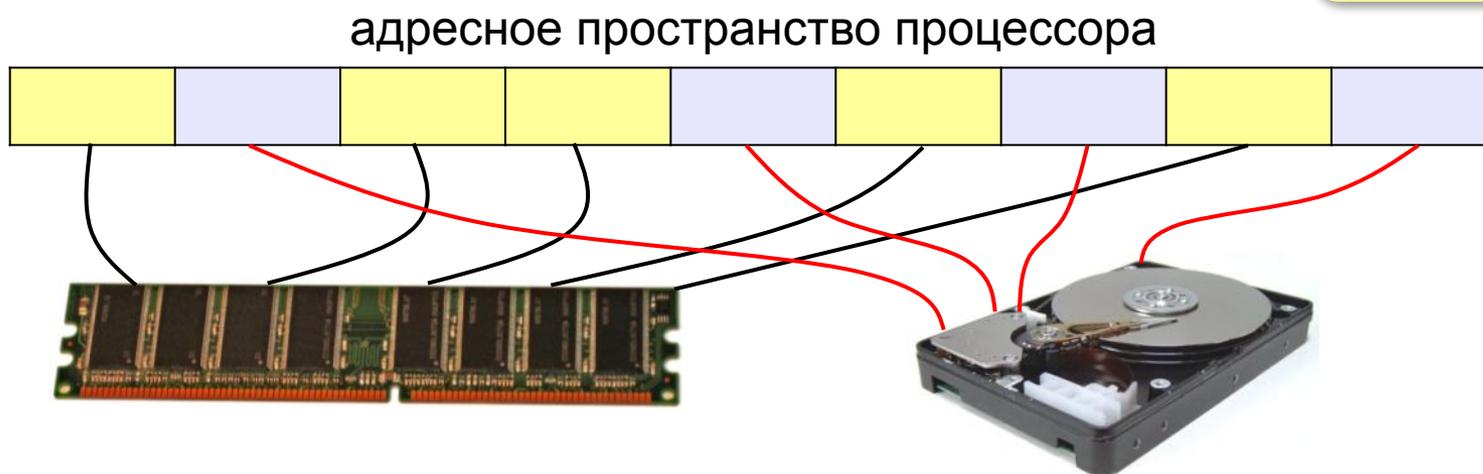
# Виртуальная память

- использование сред быстрой разработки программ (RAD) – увеличение размера программы
- увеличение объема обрабатываемых данных (до Тбайтов)
- запуск нескольких программ одновременно



Требуется больше ОЗУ, чем реально установлено на компьютере!

страницы виртуальной памяти



# Основные характеристики памяти

**Информационная ёмкость** — это максимально возможный объём данных, который может сохранить данное устройство памяти (Гбайт, Тбайт, ...).

Для **дисков** – форматированная («полезная») ёмкость и неформатированная (+ место для служебной разметки)

**Время доступа** — интервал времени от момента отправки запроса информации до момента получения результата на шине данных.

ОЗУ – наносекунды ( $1 \text{ нс} = 10^{-9} \text{ с}$ )

жёсткие диски — миллисекунды ( $1 \text{ мс} = 10^{-3} \text{ с}$ ).

# Основные характеристики памяти

---

**Средняя скорость передачи данных** — это количество передаваемых за единицу времени данных после непосредственного начала операции чтения (Мбайт/с).

- + для дисков – частота вращения
- + стоимость 1 бита или стоимость 1 Гбайта