

Устройство компьютера

1

§ 32. Принципы устройства компьютеров

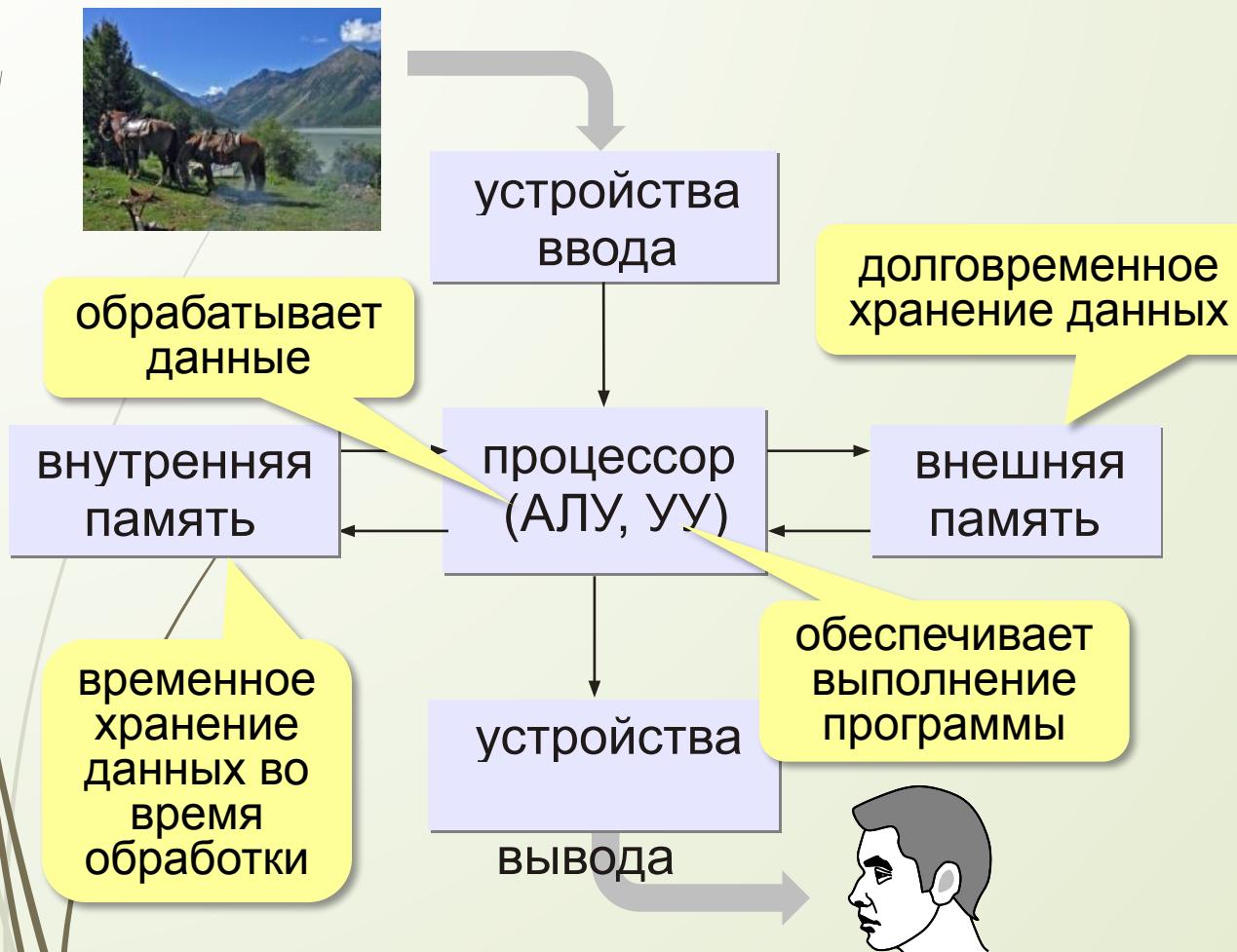
Принципы устройства компьютеров

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

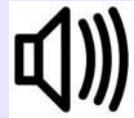


Джон фон Нейман
(1903-1957)

Принцип двоичного кодирования

Все данные хранятся в двоичном коде.

Lorem ipsum dolor
sit amet,
consectetur
adipisicing elit, sed
do eiusmod tempor
incididunt ut labore
et dolore magna aliqua



→ 100101010100...



проще устройства для
хранения и обработки
данных

Троичная ЭВМ «Сетунь» (1959)



Н.П. Бруsenцов

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

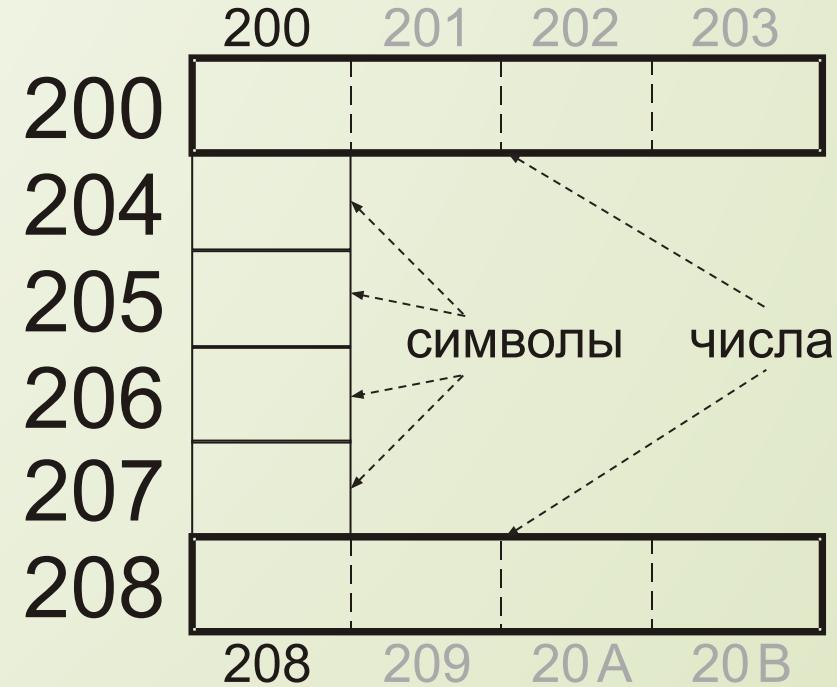
Принцип адресности памяти

- 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)
- **ПЗУ** – постоянное запоминающее устройство

ROM = *Read Only Memory*

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

Иерархическая организация памяти

Требования к памяти:

- большой объём
- высокая скорость доступа



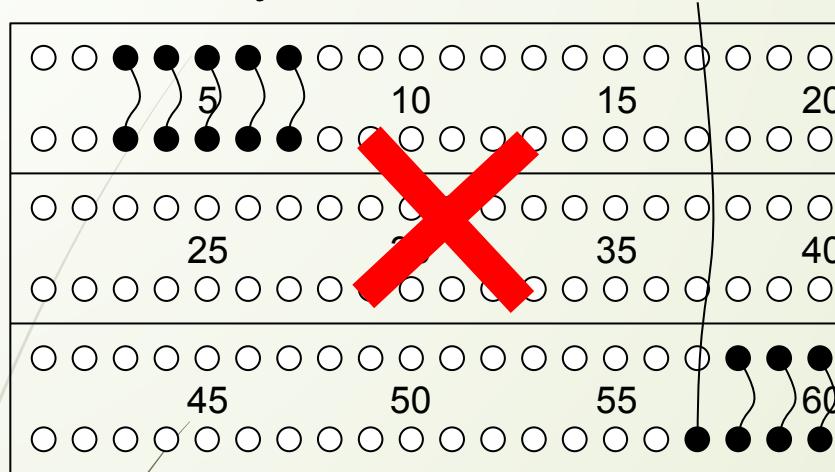
Эти требования противоречивы!

Использование нескольких уровней памяти:

- **внутренняя память** (небольшой объём, высокое быстродействие)
- **внешняя память** (большой объём, низкое быстродействие)
- ...

Принцип хранимой программы

Фрагмент коммутационной панели IBM-557



Код программы хранится в ПЗУ или во внешней памяти и загружается в ОЗУ для решения задач.



Программа хранится в единой памяти вместе с данными!

В гарвардской архитектуре есть отдельные области памяти для программ и данных!

Принцип программного управления

- программа – это набор команд
- команды выполняются процессором автоматически в определённом порядке



Счётчик адреса команд – это регистр процессора, в котором хранится адрес следующей команды.

IP (Instruction Pointer) в процессорах *Intel*

Основной алгоритм работы процессора

- 1) выбрать команду
- 2) записать в счётчик команд адрес следующей команды
- 3) выполнить команду
- 4) перейти к п. 1



Что будет при включении компьютера?

Начальный адрес может заноситься

- **вручную** (в первых ЭВМ)
- **из ПЗУ**, аппаратно (тестирование, потом передача управления загрузчику операционной системы)

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.

Устройство компьютера

§ 33. Магистрально-модульная организация компьютера

13

Типы компьютеров

- **настольные** (*desktop*)



моноблок

- **переносные** (ноутбуки)



- **нетбуки** (нет привода DVD)

Типы компьютеров

- **планшетные**



- **смартфоны и карманные персональные компьютеры (КПК)**



Типы компьютеров

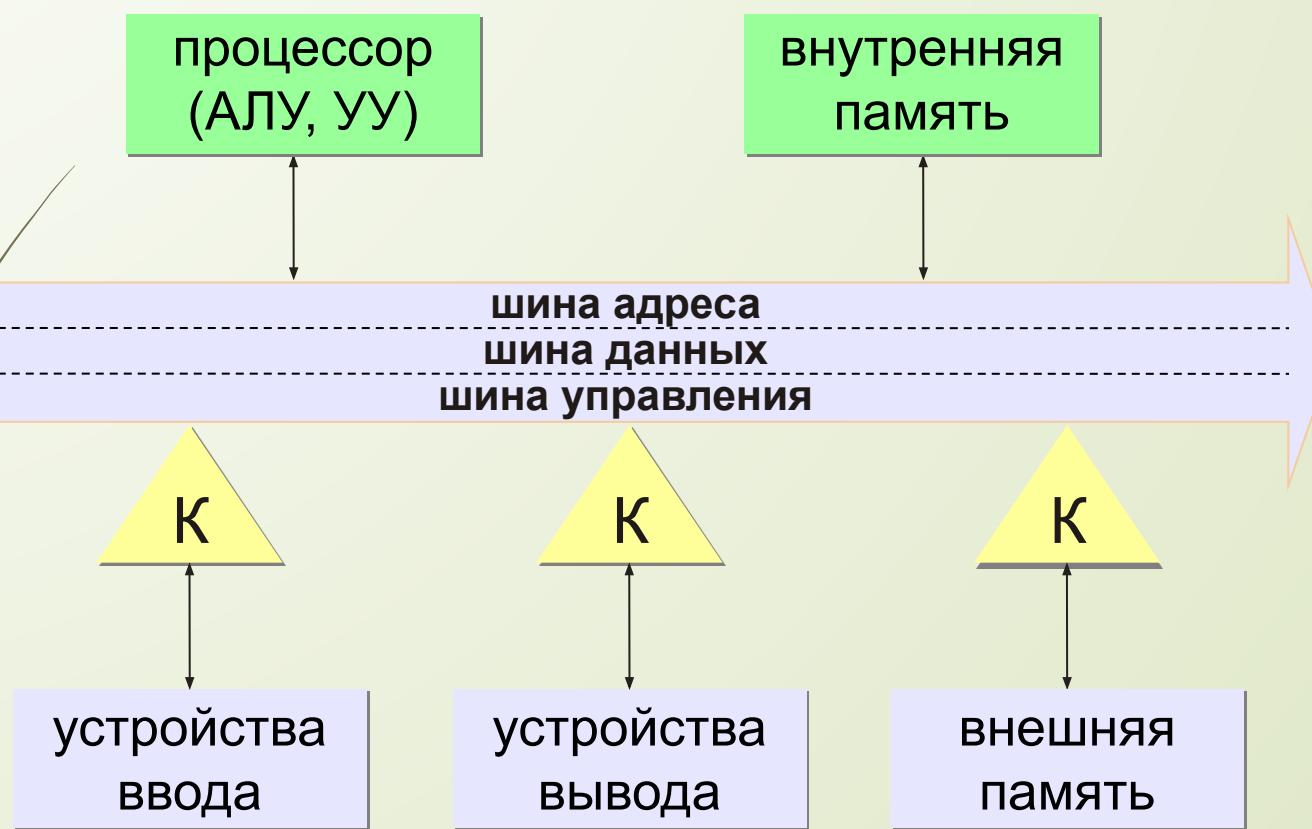
- суперкомпьютеры



«Ломоносов»

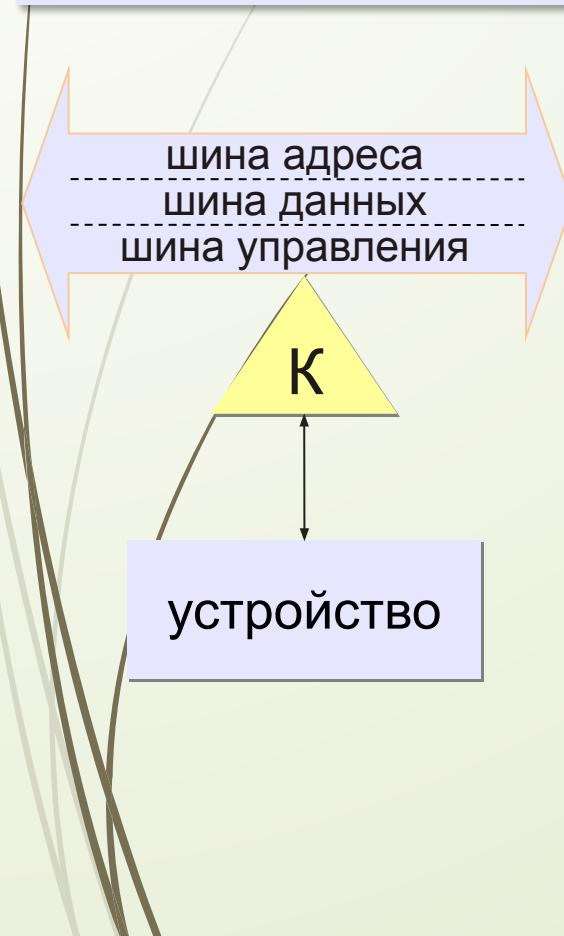
Взаимодействие устройств

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



Контроллеры

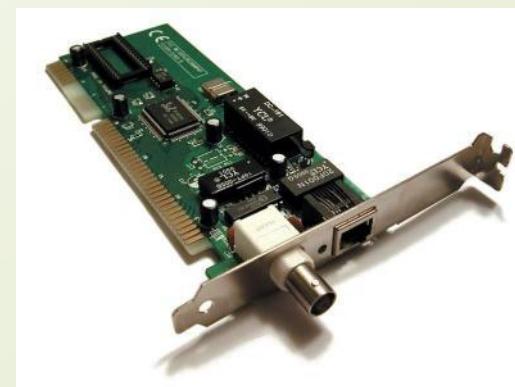
Контроллер — это электронная схема для управления внешним устройством и простейшей предварительной обработки данных.



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

Обмен данными с внешними устройствами

Программно-управляемый обмен – все операции ввода и вывода предусмотрены в программе, их полностью выполняет процессор.



- простота
- не нужно дополнительное оборудование
- процессор долго ждёт медленные устройства



Идея: пусть устройство само сообщит, что данные готовы (или оно готово к приёму данных)!

Обмен данными с внешними устройствами

Обмен по прерываниям – внешнее устройство передаёт процессору запрос на обслуживание (*прерывание*).

- процессор прерывает выполнение программы и ...
- переходит на программу обработки прерывания и ...
- возвращается к прерванной программе

Контроллер прерываний – использует приоритет различных типов прерываний



- процессор не ждёт устройства
- всю работу выполняет процессор



Обмен данными с внешними устройствами

Прямой доступ к памяти (ПДП)

DMA = *Direct Memory Access*

обмен данными выполняет внешнее устройство по команде центрального процессора.

- процессор готовит обмен:
программирует **контроллер ПДП**
 - **контроллер ПДП** пересыпает данные
-
- 
- процессор загружен минимально
-
-
- 
- сложность (нужен контроллер ПДП)

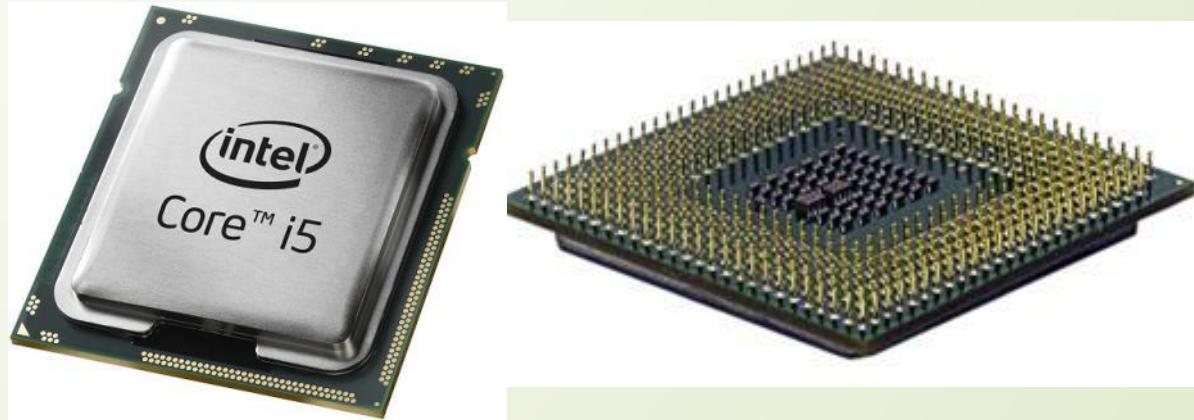
Устройство компьютера

23

§ 34. 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

$R \leq 0$:

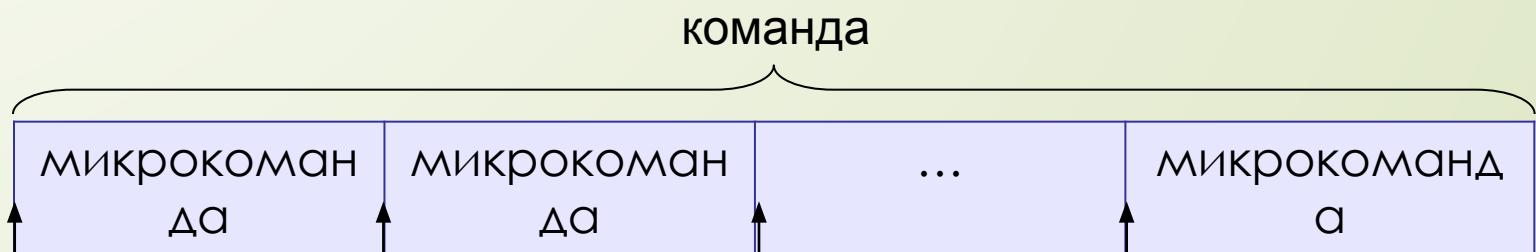
$R \geq 0$:



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



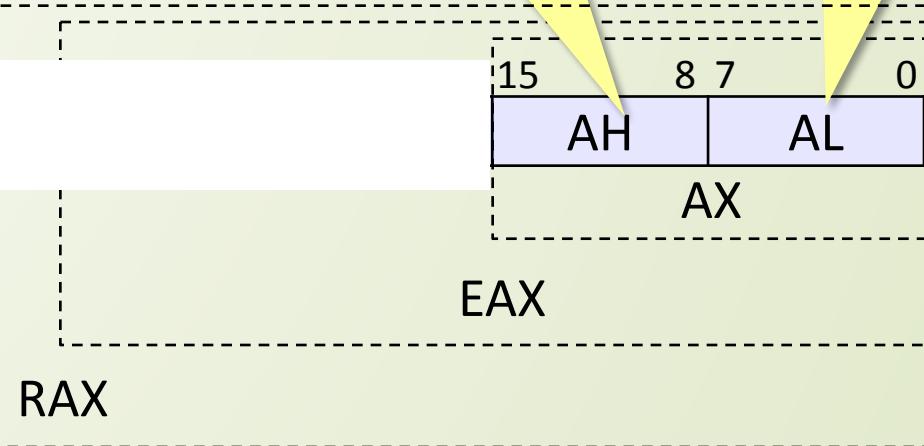
генератор тактовых
импульсов

Регистры общего назначения (РОН)

Для процессоров *Intel*:

H = High
(старший байт)

L = Low
(младший байт)



Обработка 8-, 16-, 32- и 64-битовых данных.

Есть **RBX**, **RCX**, **RDX** и др...

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

Система команд процессора

81 C2 01 01

число 101_{16}

код операции
ADD (сложить
регистр и число)

код регистра **DX**

на языке
ассемблера

ADD DX, 101h

операнды – данные, с
которыми выполняется
операция

$DX := DX + 101_{16}$

Система команд процессора

CISC = *Complex Instruction Set Computer*, компьютер с набором сложных команд

- команды разной длины
- есть сложные команды (умножение, деление, ...)
- команды выполняются за разное число тактов
- есть операции с данными в памяти
- мало регистров



- удобство программирования



- сложно проектировать процессор
- ниже быстродействие



Многие сложные команды используются редко!

Система команд процессора

RISC = *Reduced Instruction Set Computer*, компьютер с набором упрощённых команд

- команды одинаковой длины (32 бита, ...)
- только простые команды (сложение и т.п.)
- команды **умножение?** факт
- только две операции с памятью – чтение (LOAD) в регистр и запись (STORE) из регистра
- много регистров (32, ...)



- проще аппаратура
- выше быстродействие



- сложнее писать программы



А умножение?



Современные процессоры: CISC-команды выполняются RISC-ядром!



33

§ 35. Память

Устройство компьютера

Что такое компьютерная память?

Память — это устройство компьютера, которое используется для записи, хранения и выдачи по запросу команд программы и данных.

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

Внутренняя память

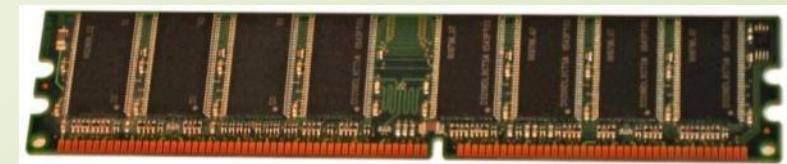
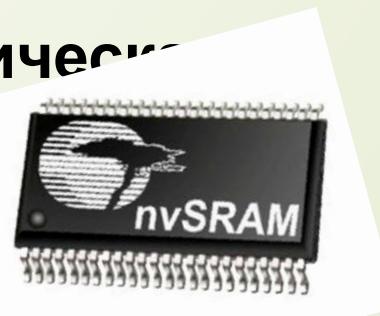
RAM = *Random Access Memory*, обращение к ячейкам в любом порядке.

ОЗУ = оперативное запоминающее устройство

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

сейчас:

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

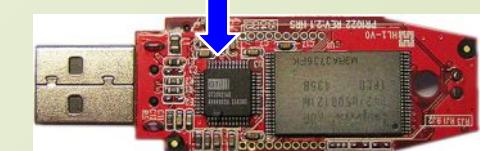
Устройства внешней памяти = **накопители**:

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

контроллер

К

носитель

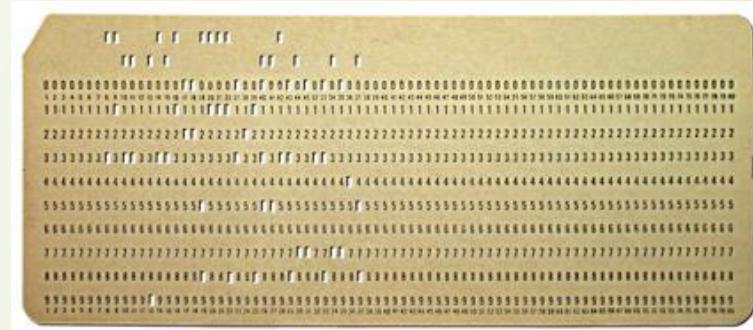
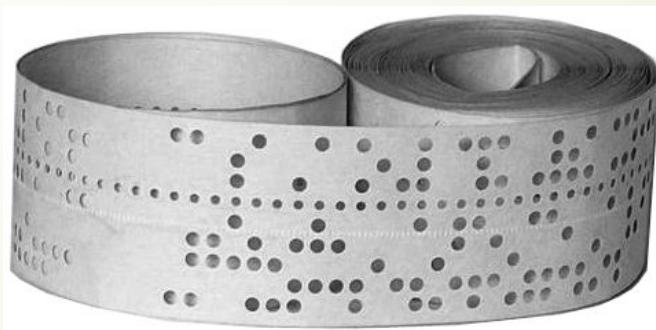


Внешняя память

- данные располагаются **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*)



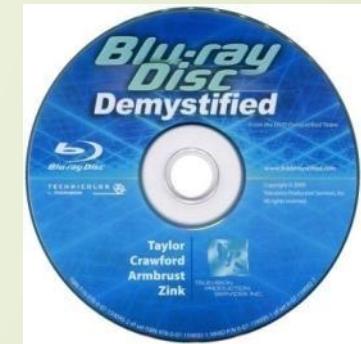
до 700 Мбайт

DVD (*Digital Versatile Disk*)



до 17,1 Гбайт

Blu-ray Disk



до 500 Гбайт

- флэш-память



флэш-карты



флэш-накопители



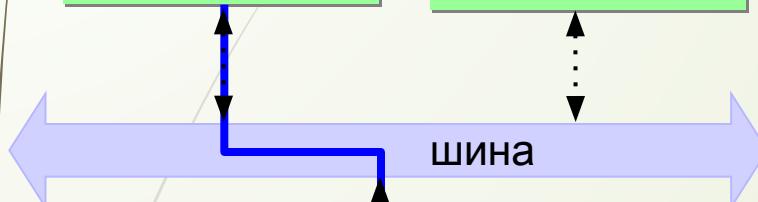
SSD
(*Solid State Drive*)

Чтение данных в ОЗУ

1. Передача «задания»

контроллеру
процессор

ОЗУ



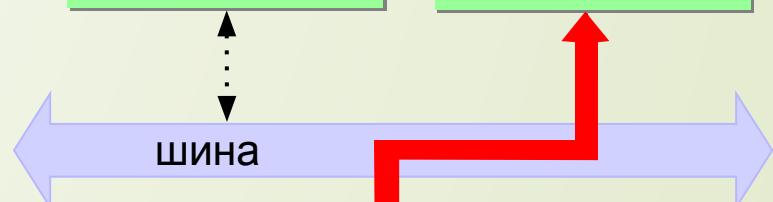
носи́тель
информации

линия не
использована
управления

2. Ввод данных в ОЗУ

процессор

ОЗУ



Порт – это регистр контроллера,
к которому процессор
обращается по номеру!

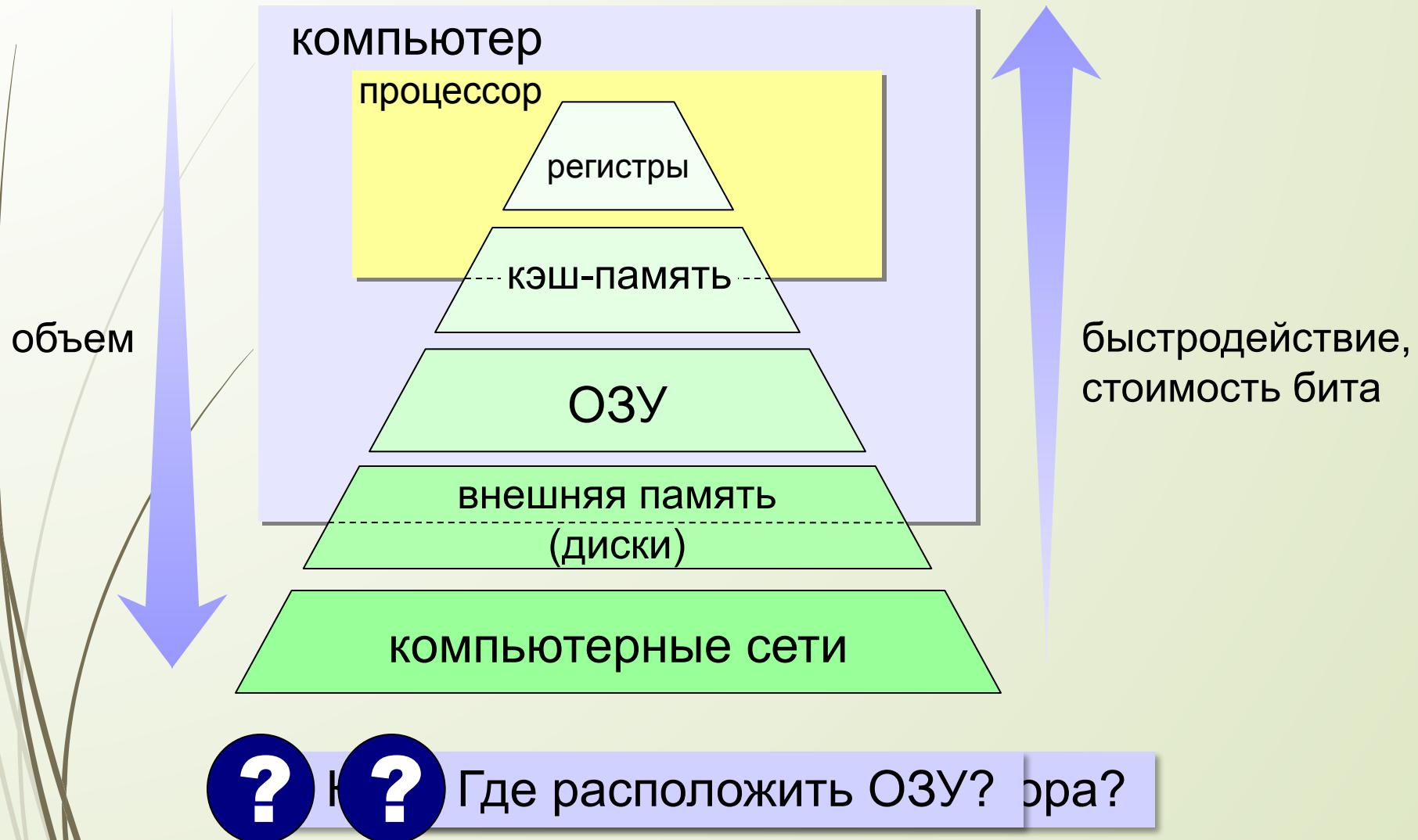
информации

→ передача данных



Ещё участвует
контроллер ПДП!

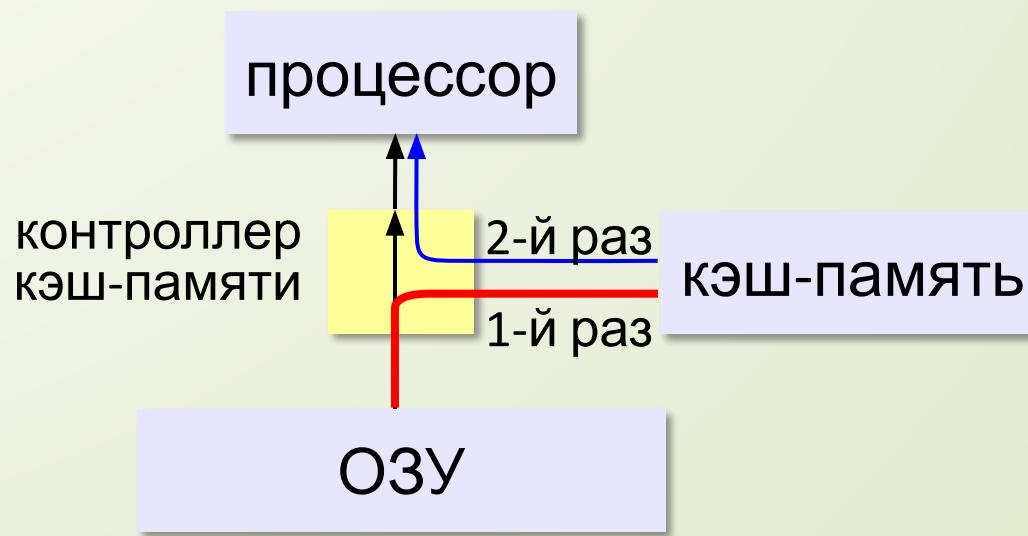
Иерархия памяти



Кэш-память

Кэш-память — это память, ускоряющая работу другого (более медленного) типа памяти, за счёт сохранения прочитанных данных на случай повторного обращения к ним.

- статическая память (на триггерах)
- нет собственных адресов ячеек
- кэш программ и данных отдельно



Кэш-память

Проблемы:

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

Решаются **контроллером кэш-памяти.**

Виртуальная память

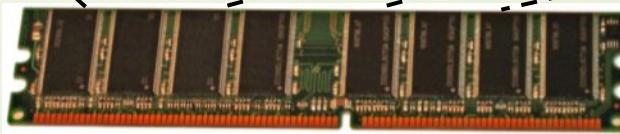
- использование сред быстрой разработки программ (RAD) – увеличение размера программы
- увеличение объема обрабатываемых данных (до Тбайтов)
- запуск нескольких программ одновременно



Требуется больше ОЗУ, чем реально установлено на компьютере!

страницы
виртуальной
памяти

адресное пространство процессора



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 посылки запроса информации до момента получения результата нашине 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



Устройство компьютера

48

§ 36. Устройства ввода

Что такое устройство ввода?

Устройством ввода называется устройство, которое:

позволяет человеку отдавать компьютеру команды и/или выполняет первичное преобразование данных в форму, пригодную для хранения и обработки в компьютере.



Что не относится к устройствам ввода?

жесткий диск

мышь

датчики

сенсорная панель
(*touchpad*)

графический планшет

микрофон

джойстик

сетевая карта

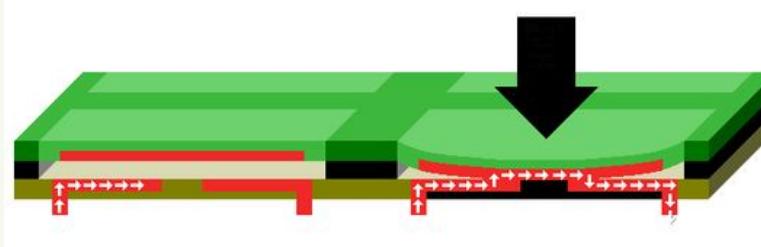
флэш-диск

Клавиатура

Мембранные



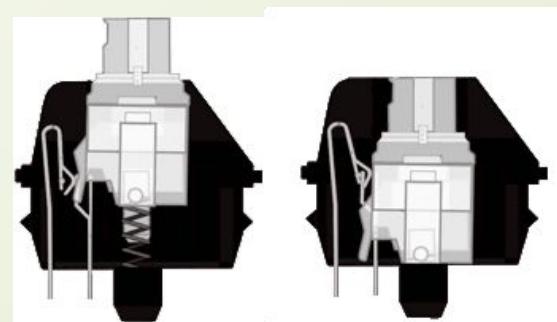
- простая и дешёвая
- недолговечна (1-10 млн нажатий)
- со временем свойства ухудшаются (залипание, нужны большие усилия)



Механическая

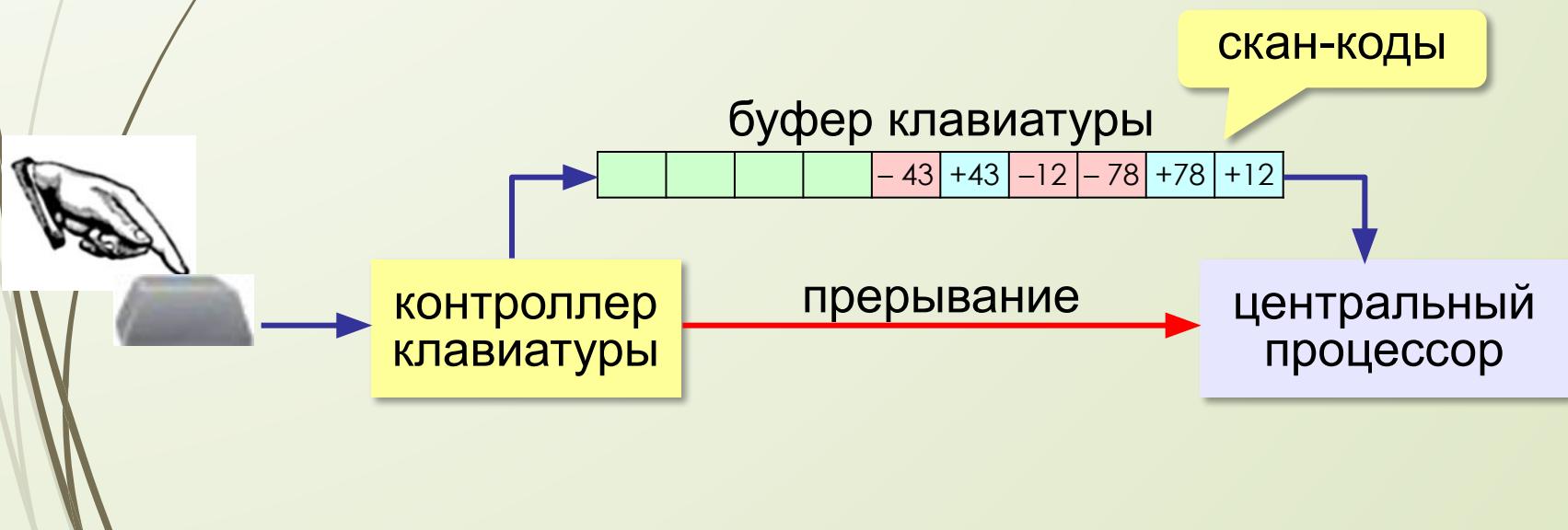


- реакция быстрее
 - 20-50 млн нажатий
 - характеристики не меняются
- дороже
▪ тяжелее



Контроллер клавиатуры

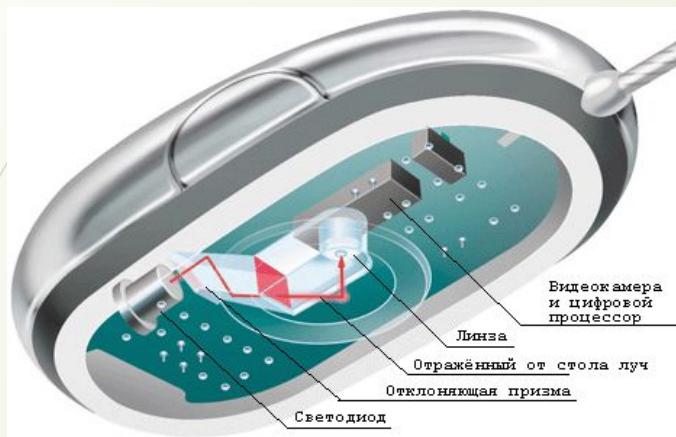
- опрашивает клавиши; фиксирует их нажатие или отпускание;
- хранит **скан-коды** нескольких последних нажатых или отпущенных клавиш;
- посыпает требование **прерывания** центральному процессору, передаёт ему скан-коды;
- управляет **индикаторами** клавиатуры;
- диагностика **неисправностей** клавиатуры



Манипуляторы

Мышь (оптическая)

приемное устройство
(адаптер, USB)



Характеристики:

- разрешение ≈ 1000 dpi
- количество кадров в секунду (до 10000)
- размер кадра (16×16 , 32×32)



Лазерные мыши:

- подсветка лазером
- более контрастное изображение
- точность выше



Манипуляторы

Трекбол



Сенсорная панель (тачпад)



мультитач – реакция на касание в нескольких местах одновременно

Трекпойнт



Джойстик



Игровые манипуляторы



Сканеры

Сканер – устройство для ввода изображений.

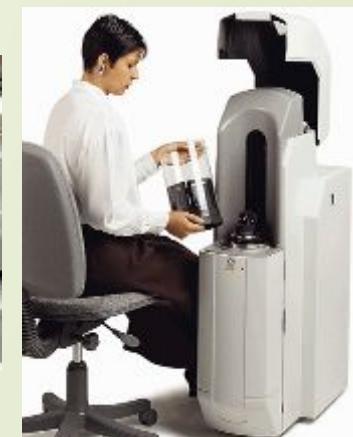
ручные



планшетные



барабанные



со слайд-модулем



рулонные



Сканеры

на бумаге

1 дюйм = 2,54 см

в компьютере

пиксель



Разрешающая способность — это максимальное количество точек на единицу длины, которые способен различить сканер.

ppi = *pixels per inch*, пиксели на дюйм

150-300 ppi — низкое разрешение

300 ppi — сканирование любительских фото

до 5400 ppi — сканирование фотопленки

планшетные — до 5400 ppi рулонные — до 800 ppi

барабанные — до 14400 ppi

Сканеры

Ввод текста



Сканер вводит текст как изображение!

Для редактирования в текстовом редакторе, нужно
распознать символы с помощью специальной
программы (> 300 ppi!):

OCR = *Optical Character Recognition*, оптическое
распознавание символов

ABBYY FineReader, CuneiForm

Сканирование

Разрешение, ppi

Сканирование в отраженном свете:

иллюстрации для веб-страниц	75-150
сканирование текста без распознавания	150-200
сканирование текста для распознавания	300-400
цветное фото для печати на струйном принтере	200
цветное фото для типографской печати	не менее 300

Сканирование в проходящем свете:

35-мм пленка, для веб-страниц	200-600
35-мм пленка, для печати на струйном принтере	600-2000

Устройства ввода

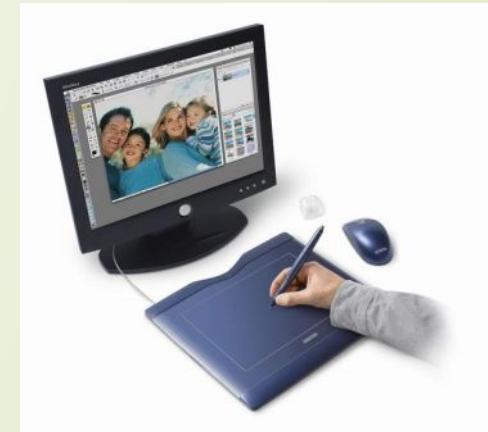
Микрофоны



Веб-камера



Графический планшет



Датчики



датчик

АЦП

101001010101

компьютер

Устройство компьютера

§ 37. Устройства вывода

59

Что такое устройства вывода?

Устройства вывода — это устройства, которые представляют компьютерные данные в форме, доступной для восприятия человеком.

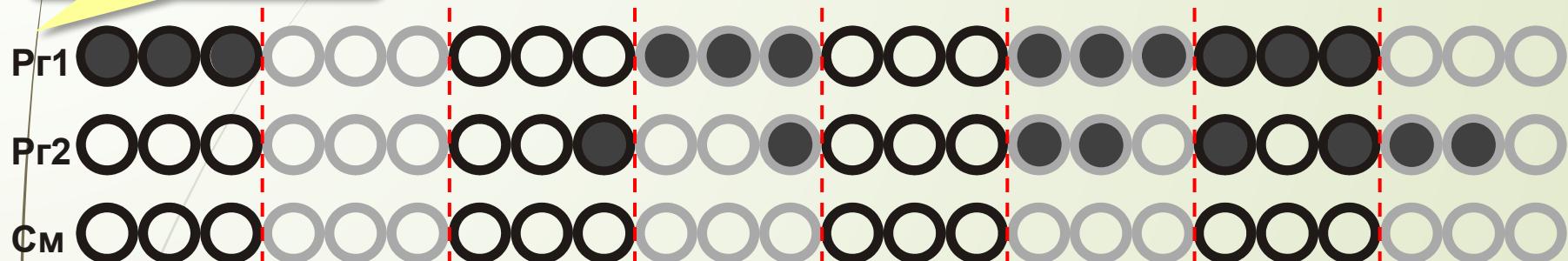


Что не относится к устройствам вывода?

- сенсорный экран
- флэш-диск X
- принтер
- жесткий диск X
- колонки
- МФУ
- монитор
- плоттер
- датчики X
- сетевая карта X

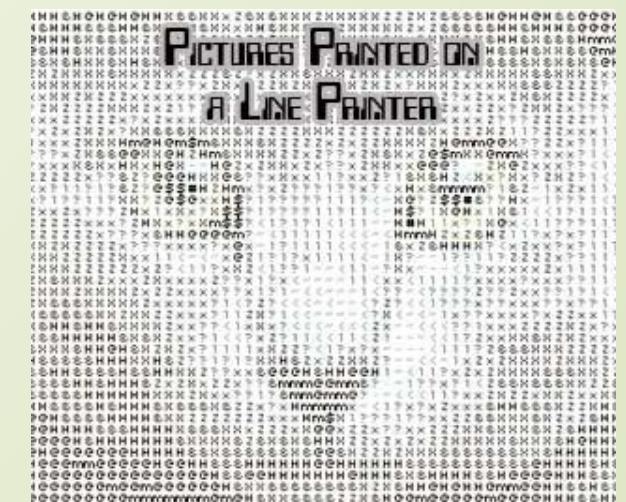
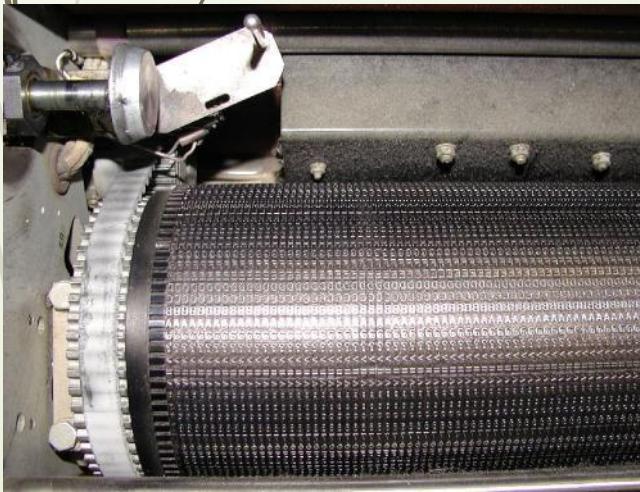
Первые устройства вывода

70070770₈

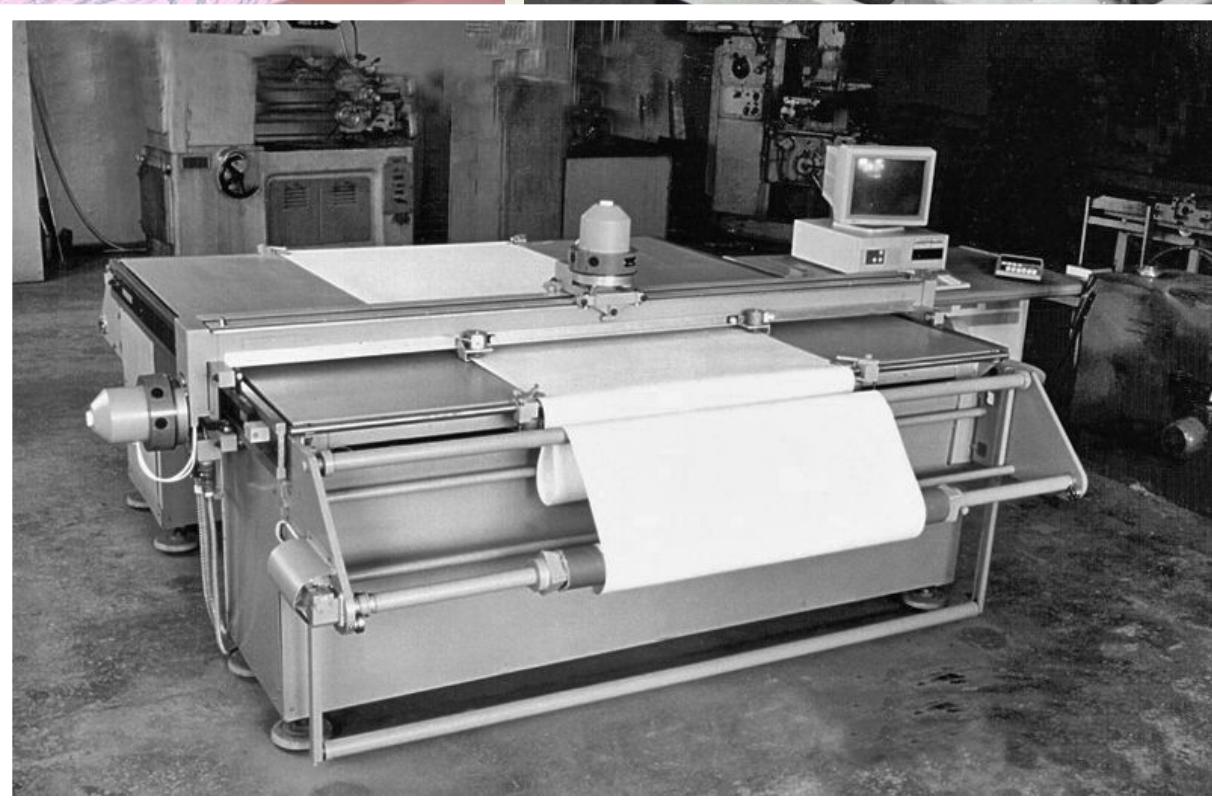
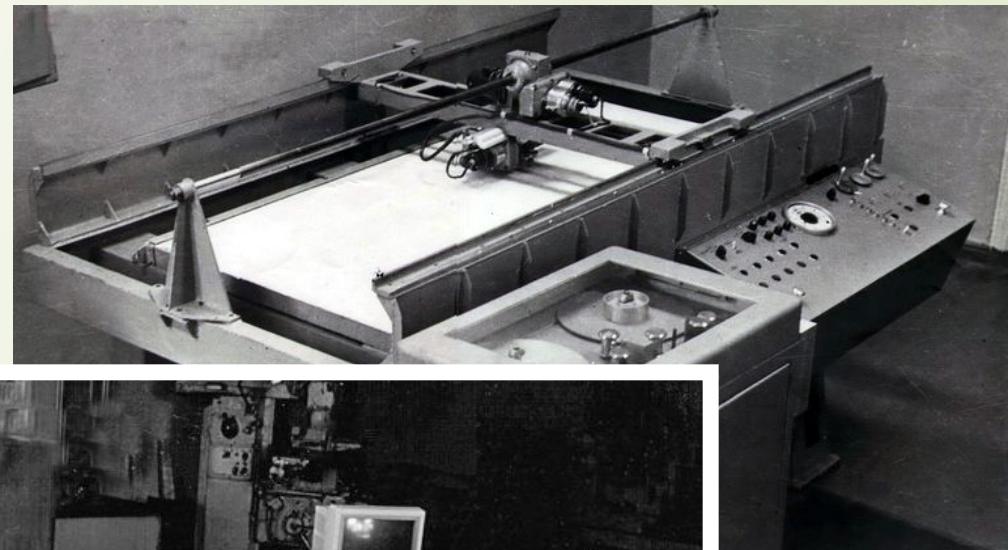
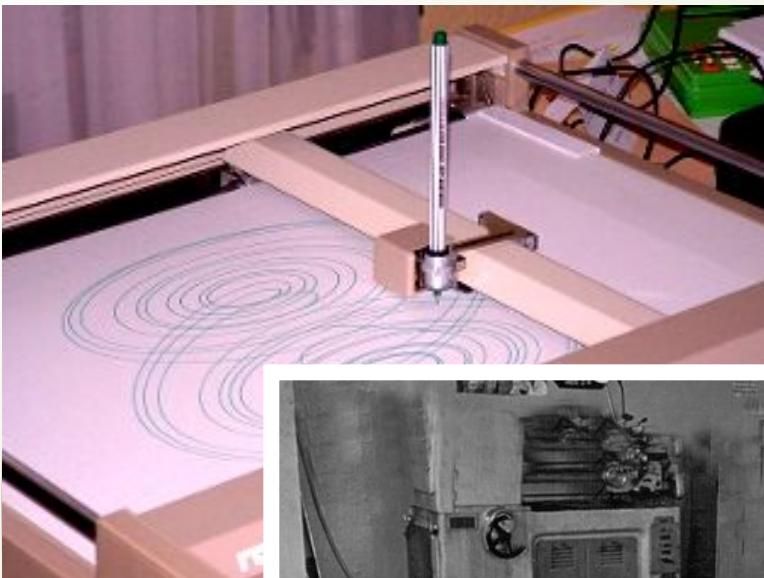


Pr2 = ?

АЦПУ = алфавитно-цифровые печатающие устройства



Плоттеры (графопостроители)



Мониторы

Монитор = дисплей + электронные схемы управления

жидкокристаллические (ЖК) электронно-лучевые

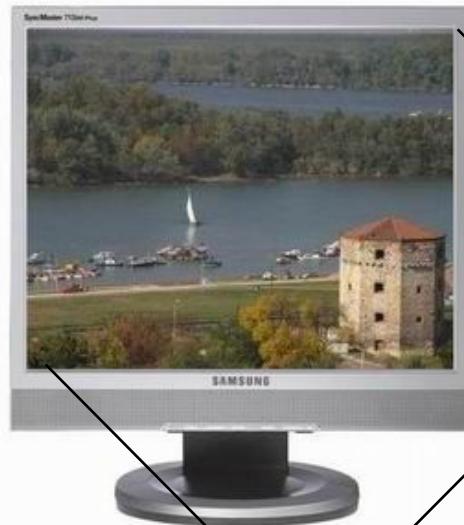


- очень малое излучение
- малые размеры и вес
- потребляют мало электроэнергии (40 Вт)
- нет искажений изображения

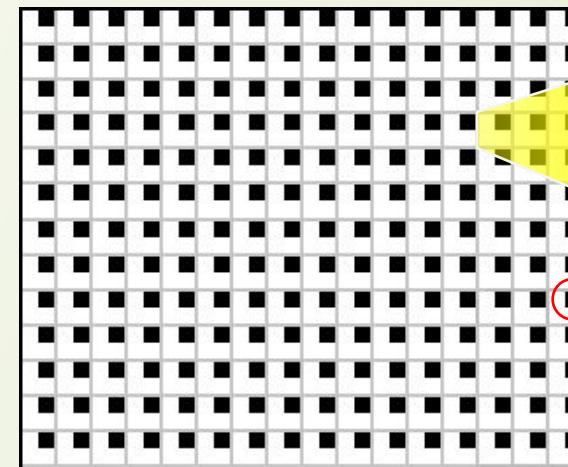


- хуже цветопередача (чёрный цвет?)
- изображение зависит от угла зрения
- смазывание изображения
- «битые пиксели»
- только одно разрешение

Мониторы



диагональ
15", 17", 19", ...



пиксель

R G B

управляющий транзистор

Разрешение — это количество точек экрана по ширине и по высоте. 1280×1024 , 1440×900 , 1366×768 , ...

Соотношение сторон 4:3, 5:4, 16:9

Углы обзора $160^\circ \dots 178^\circ$

Время отклика 2...8 мс

Принтеры

Принтер – устройство для вывода информации на бумагу или пленку.

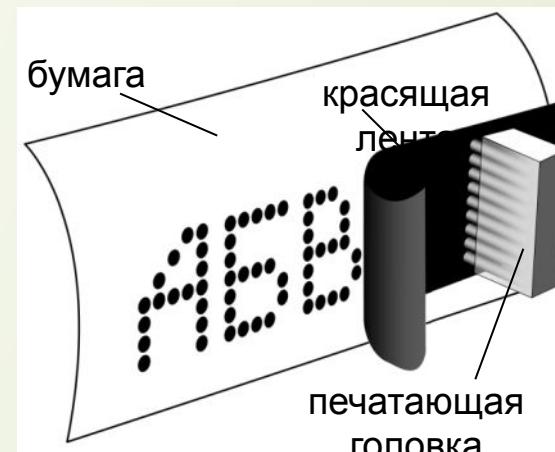
Разрешающая способность

dpi = *dots per inch*, точки на дюйм
обычно 300 – 600 dpi
1200 dpi (типографское качество)

Виды принтеров

- матричные (красящая лента)
- струйные (чернила)
- лазерные (порошок)
- сублимационные (красящая лента)

Матричные принтеры



Качество печати:

72...300 dpi

текст: до 337 символов в
минуту

графика: до 5 мин на
страницу!!!

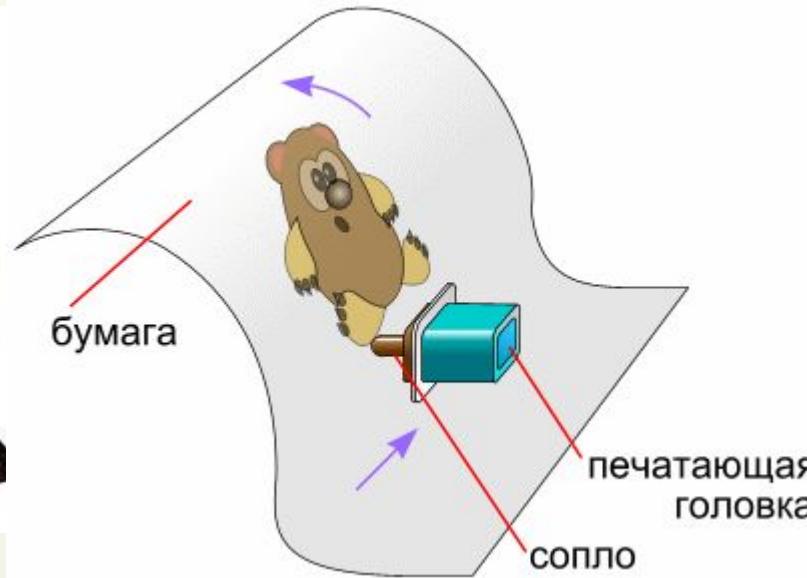


- дешевые принтеры и ленты
- нетребовательны к бумаге



- невысокое качество
- низкая скорость печати графики
- шумят
- черно-белые (почти все)

Струйные принтеры



вет: CMYK

Cyan

Magenta

Yellow

Key color

Качество печати:

300...4800 dpi

Ч/Б: до 30 стр/мин

цвет: до 30 стр/мин

фото 10×15:

от 10 сек

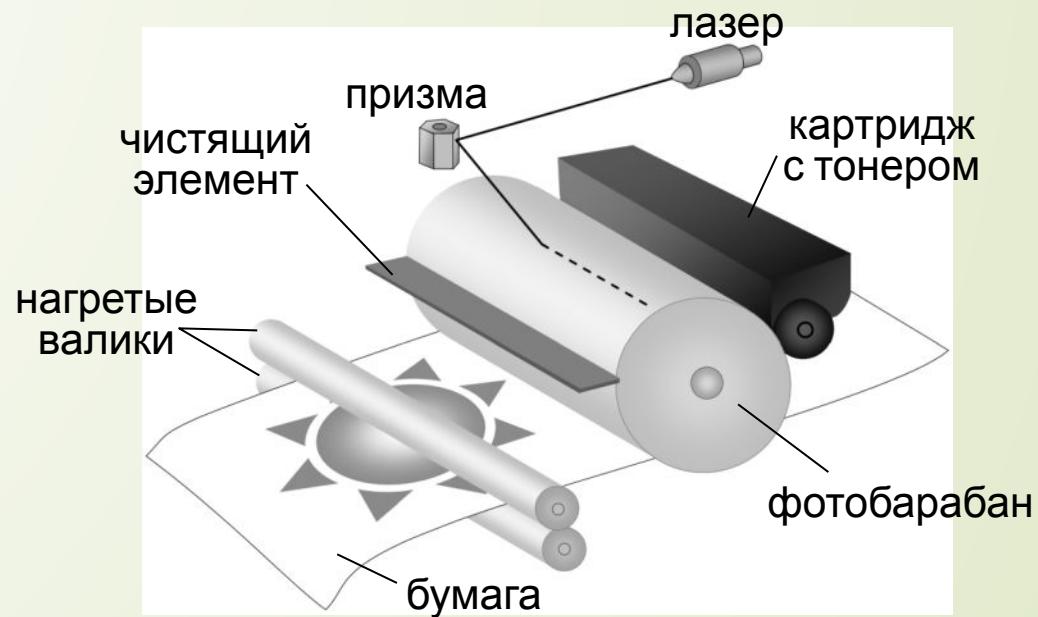


- относительно дешевые
- качественная печать
- мало шумят
- большинство – цветные



- требовательны к бумаге
- дорогие картриджи
- чернила расплываются от воды

Лазерные принтеры



Качество печати:

600...1200 dpi

Ч/Б: до 50 стр/мин

цвет: до 25 стр/мин



- становятся все дешевле
- очень качественная печать
- мало шумят
- есть цветные



- требовательны к бумаге
- дорогие картриджи
- потребляют много электроэнергии
- цветные дорогие

Сублимационные принтеры

Сублимация – быстрый переход вещества из твердого состояния в газообразное.



качество печати:

300 dpi
(= 4800 dpi)

фото 10×15:

около 1 мин

- твердые красители:

Cyan

Magenta

Yellow

- 256 оттенков каждого цвета, всего 16,7 млн. цветов
- печать при нагреве
- верхний защитный слой



- очень качественная печать фото
- не выцветает 100 лет
- печать прямо с фотоаппарата



- специальная бумага и пленки с красками

3D-принтеры

3D = 3-dimensions, трёхмерный

3D-принтер — устройство, которое создает физический объект по слоям на основе его цифровой трёхмерной модели.



Устройства ввода и вывода

Сенсорный экран



мультитач – реакция на касание экрана в нескольких местах одновременно

Источники иллюстраций

1. <http://lenovo.ru>
2. <http://apple.com>
3. <http://samsung.com>
4. <http://www.pcguide.com>
5. <http://hardforum.com>
6. <http://www.techspot.com>
7. <http://www.directindustry.com>
8. <http://www.photo-dictionary.com>
9. <http://www.flashdrive-repair.com>
10. <http://qtwy.net>
11. <http://www.designboom.com>
12. <http://vindavoz.ru>
13. <http://www.mousearena.com>
14. <http://www.globalnerdy.com>
15. <http://vernier.com>
16. <http://mnc.ru>
17. <http://npkrapid.ru>
18. <http://avgold.ru>
19. <http://abs3d.ru>
20. <http://tavco.net>
21. <http://en.wikipedia.org>
22. <http://ru.wikipedia.org>