

# История информатики

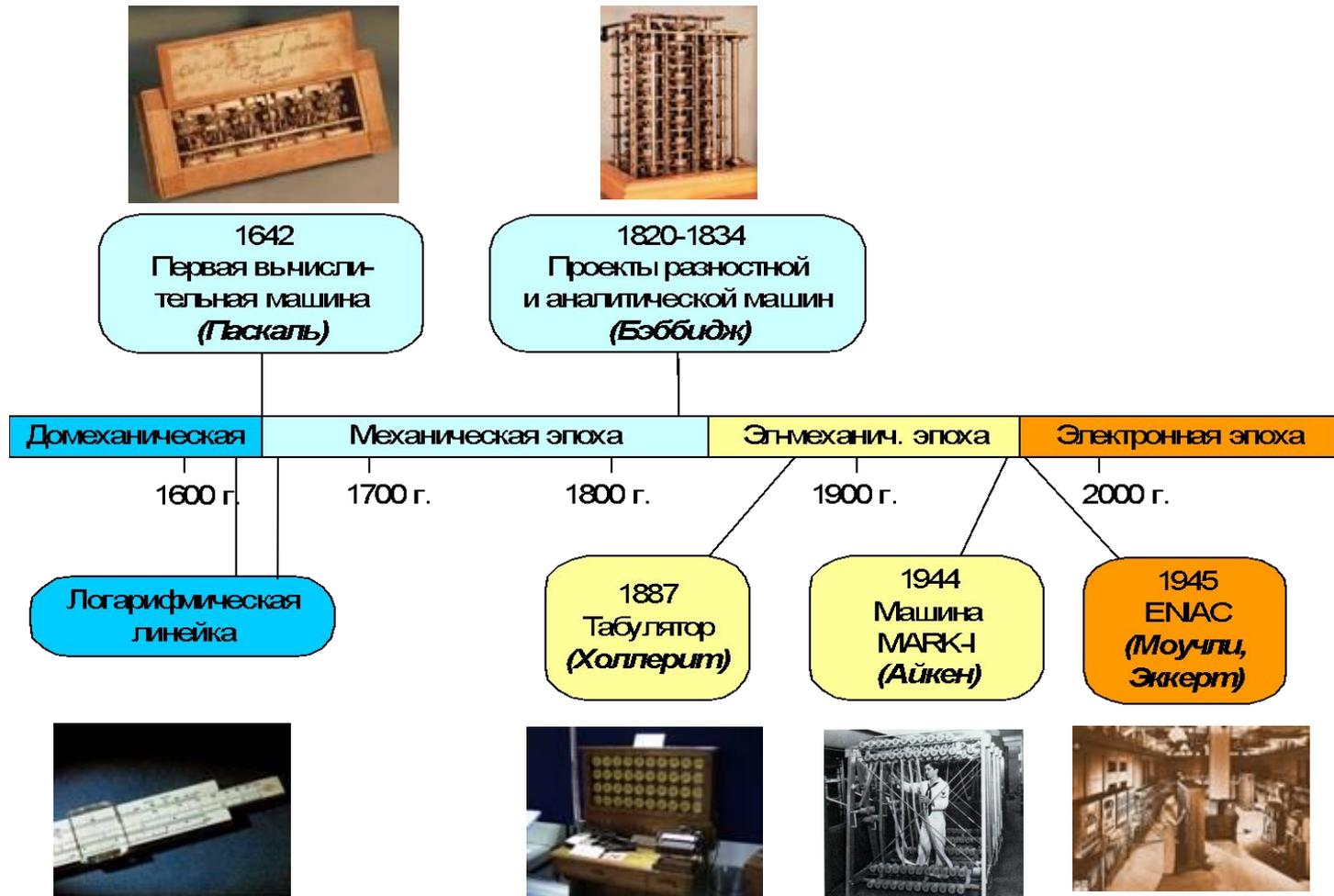


## История ЭВМ

Лекция 2

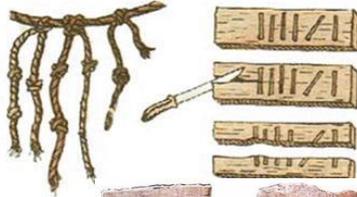
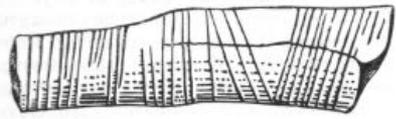
1. Работы Атанасова.
2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ.
3. Формирование индустрии и рынка ЭВМ.
4. Развитие элементной базы и поколения ЭВМ.
5. Вычислительная техника в СССР.
6. Направления развития вычислительной техники.
7. Современный рынок ЭВМ и его секторы.

# Шкала развития вычислительной техники



Технологические эпохи и основные события доэлектронной истории вычислительной техники

# 1. История развития счета: доэлектронные эпохи

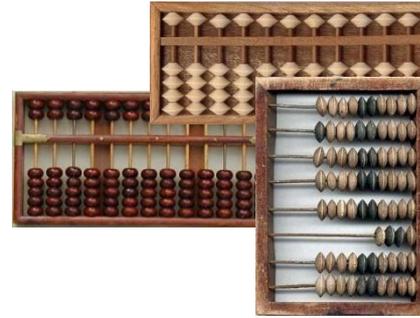


"вестоницкая кость"



Абак

VI-V в. до н.э

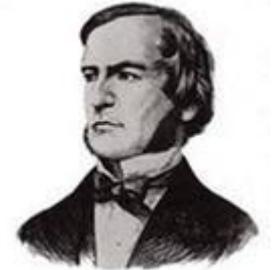


XII-XVI в.



Двоичная СС

1703 г.,  
Лейбниц



Мат. логика

1854 г.,  
Дж. Буль

Домеханическая

Механическая

Эл/механи-  
ческая

30-40 тыс.  
лет до н.э

Возникновение  
счёта

≈3 тыс. лет  
до н.э



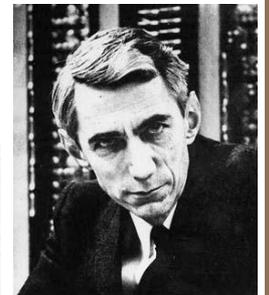
Кипу, юпана

IX-XII в.

Позиционная СС

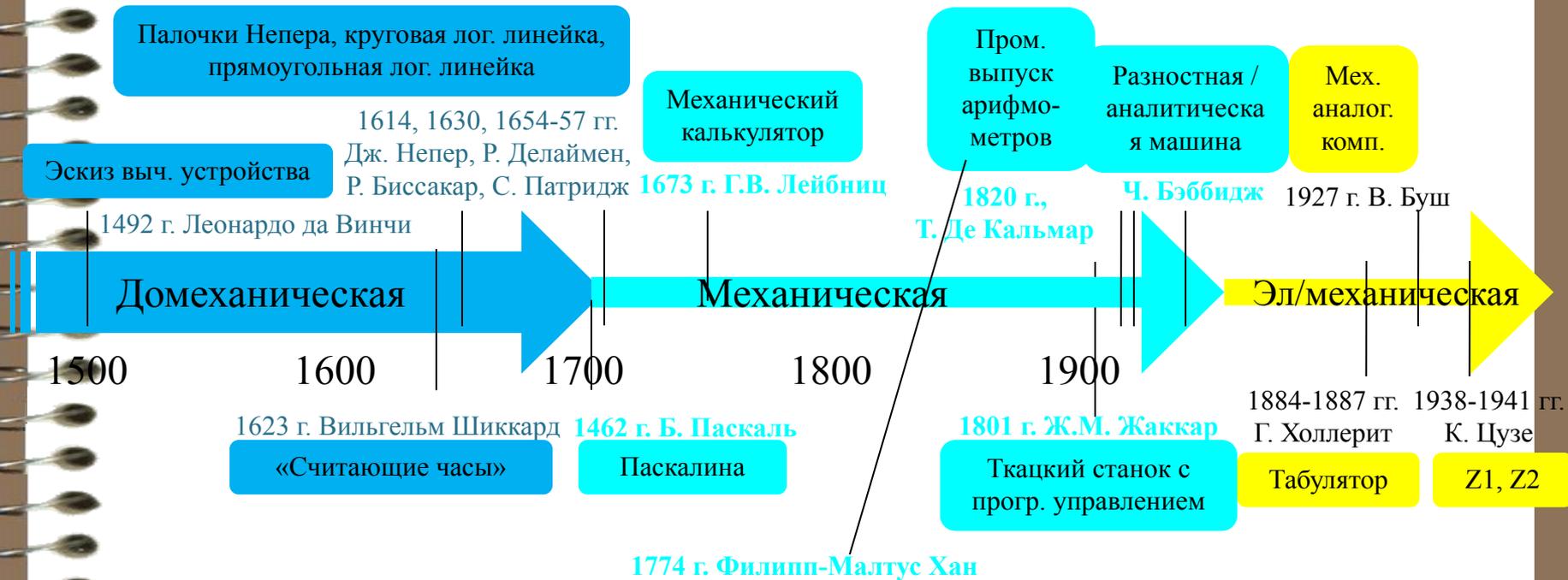
1614-1619 гг.

Логарифм.  
Палочки Непера

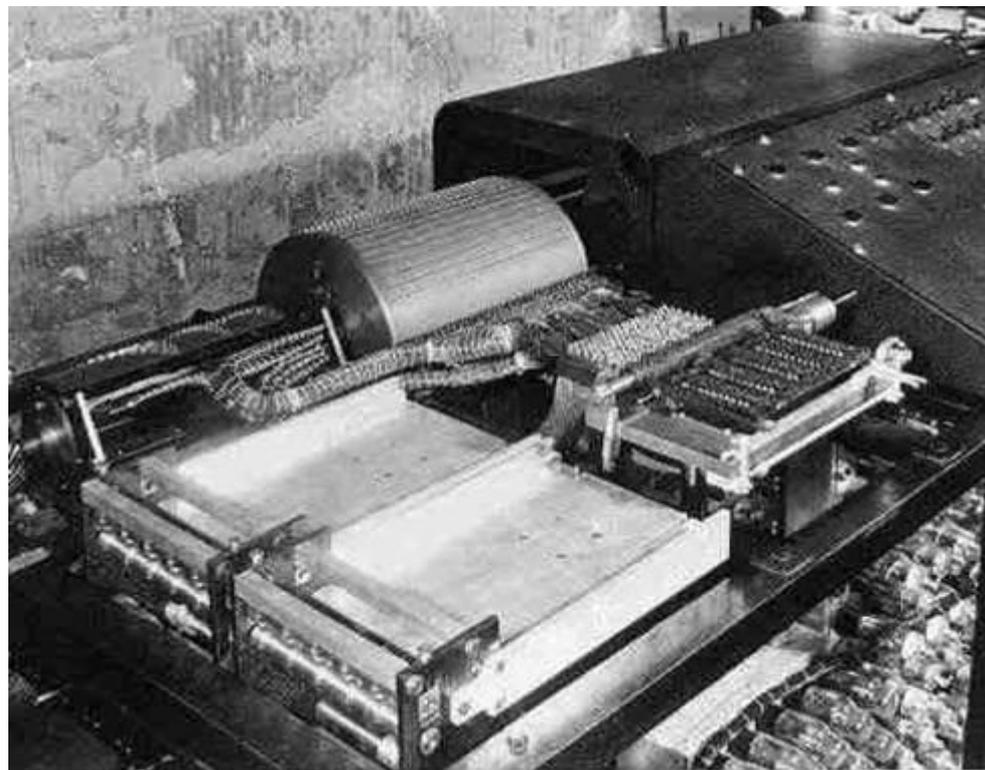


1934-1936 гг.,  
К. Шеннон

## 2. Простейшие цифровые вычислительные устройства



# 1. Работы Атанасова



Юридический приоритет создания первой ЭВМ принадлежит Джону Атанасову (Atanasoff, John; 1903-1995).

В 1939 г. он с аспирантом Клиффордом Берри (Berry, Clifford Edward; 1918-1963) приступил к постройке машины, предназначенной для решения системы алгебраических уравнений с 30 неизвестными (ABC — Atanasoff-Berry Calculator). Проект не был завершен

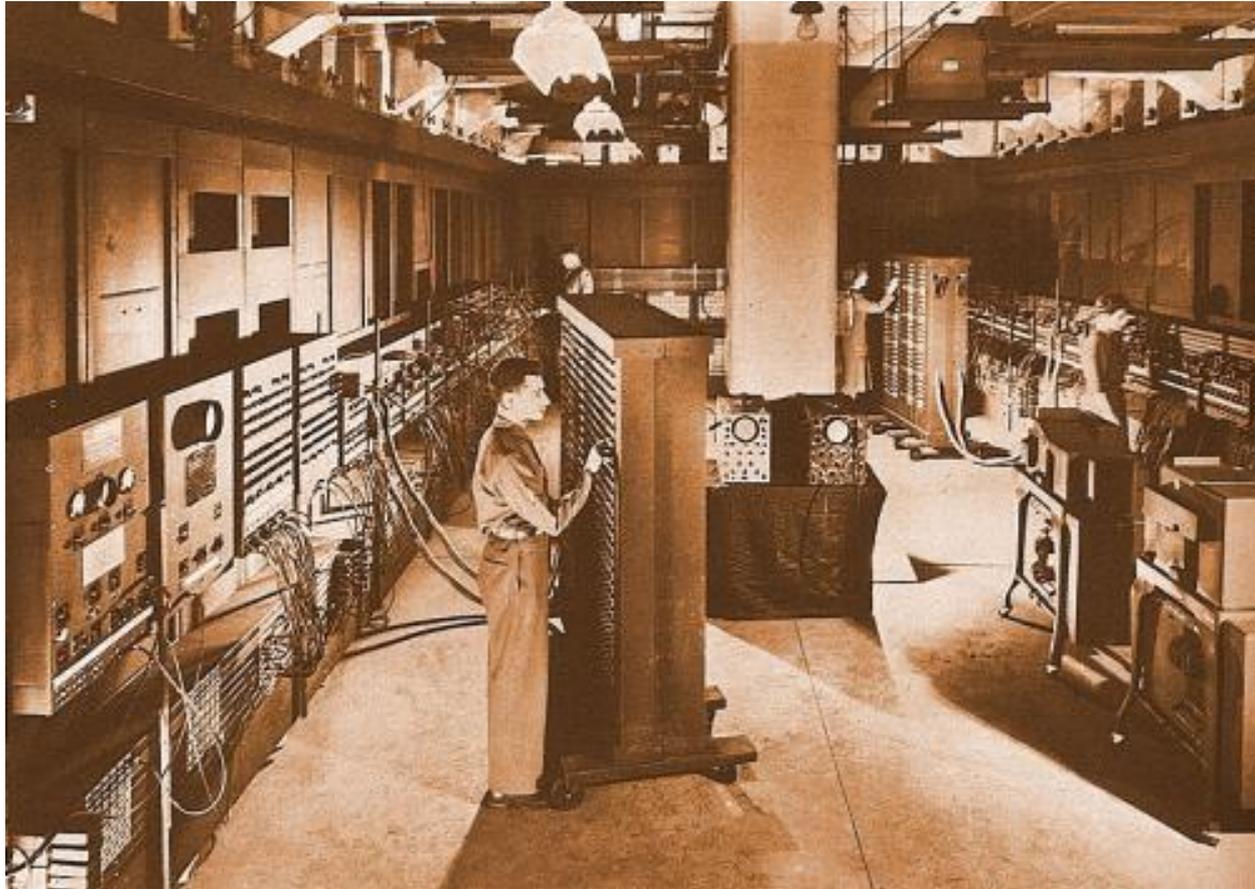
## Джон Винсент Атанасов (4.10.1903 – 15.06.1995)

Американский физик, математик и инженер-электрик болгарского происхождения, один из изобретателей первого электронного компьютера.

1939-1942 гг. - первый в США электронный цифровой компьютер - компьютер Атанасова – Берри (англ. Atanasoff-Berry Computer - ABC).



## 1.1. Первая ЭВМ ENIAC



Первая работающая ЭВМ ENIAC (**Electronic Numerical Integrator And Calculator**) была создана в 1945 г. в Пенсильванском университете. Длина 26 м, высота 6 м, масса 30 т. 18 000 ламп, 1500 реле, потребляемая мощность 150 кВт.

## 1.1. Первая ЭВМ ENIAC



ЭВМ ENIAC. Вид сзади

## 1.1. Первая ЭВМ ENIAC



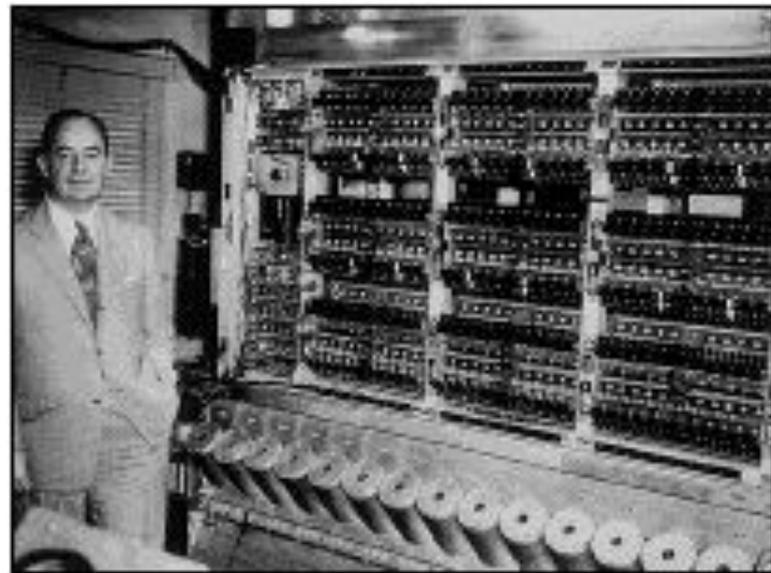
Джон Моучли,  
(Mouchly, John William;  
1907-1980)

Герман Голдстейн  
(Goldstine, Herman  
Heine; р. 1913)

Джон Преспер Эккерт  
(Eckert, John Presper;  
1919-1995)

Руководители проекта ENIAC

## 2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ



Понятие «архитектура ЭВМ» связано с именем выдающегося математика XX столетия Джона фон Неймана (Neumann, John von; 1903-1957)

## Джон фон Нейман (28.12.1903 – 08.02.1957)

Венгро-американский математик, сделавший важный вклад в квантовую физику, квантовую логику, функциональный анализ, теорию множеств, информатику, экономику и др. отрасли науки.

1946 г.: «Предварительное рассмотрение логического конструирования электронного вычислительного устройства». А. Бёркс, Г. Голдстайн, Дж. фон Нейман



## 2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ

### ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ РАССМОТРЕНИЕ ЛОГИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА<sup>1)</sup>

*А. Беркс, Г. Голдстейн, Дж. Нейман*

#### 1. Основные компоненты машины

1.1. Так как законченное устройство будет универсальной вычислительной машиной, оно должно содержать несколько основных органов, таких, как органы арифметики, памяти, управления и связи с оператором. Мы хотим, чтобы машина была полностью автоматической, т. е. чтобы после начала вычислений работа машины не зависела от оператора. Более полно это за-

1.3. Выше мы в принципе указали на два различных вида памяти — память чисел и память приказов. Если, однако, приказы машине свести к числовому коду и если машина сможет некоторым образом отличать число от приказа, то орган памяти можно использовать для хранения как чисел, так и приказов. Кодирование приказов в числовой форме рассматривается в п. 6. 3.

Фрагменты статьи фон Неймана с соавторами (русский перевод)

## 2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ

### Основные черты классической фон-неймановской архитектуры ЭВМ

1. Машина должна состоять из следующих основных блоков: арифметического устройства, оперативной памяти, устройства управления, устройства ввода, устройства вывода, устройства внешней памяти;
2. Команды программы должны храниться в оперативной памяти, откуда они последовательно выбираются и исполняются арифметическим устройством, система команд должна иметь операции условной и безусловной передачи управления. Команды должны рассматриваться как обычные данные, т.е. программа должна иметь возможность модифицировать себя в процессе вычислений;
3. Команды и данные должны храниться и обрабатываться в двоичной системе счисления.

## Принципы фон Неймана

- 1. Принцип двоичного кодирования:** вся информация, поступающая в ЭВМ, кодируется с помощью двоичных сигналов (двоичных цифр, битов) и разделяется на единицы, называемые словами.
- 2. Принцип однородности памяти:** программы и данные хранятся в одной и той же памяти. Поэтому ЭВМ не различает, что хранится в данной ячейке памяти - число, текст или команда. Над командами можно выполнять такие же действия, как и над данными.
- 3. Принцип адресуемости памяти.** Структурно основная память состоит из пронумерованных ячеек; процессору в произвольный момент времени доступна любая ячейка. Отсюда следует возможность давать имена областям памяти, так, чтобы к хранящимся в них значениям можно было бы впоследствии обращаться или менять их в процессе выполнения программы с использованием присвоенных имен.
- 4. Принцип последовательного программного управления:** программа состоит из набора команд, которые выполняются процессором автоматически друг за другом в определенной последовательности.
- 5. Принцип жесткости архитектуры.** Неизменяемость в процессе работы топологии, архитектуры, списка команд.

*Статья «Предварительное рассмотрение логического конструирования электронного вычислительного устройства» Артур Бёркс, Герман Голдстайн и Джон фон Нейман, 1946 г.).*

## 2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ



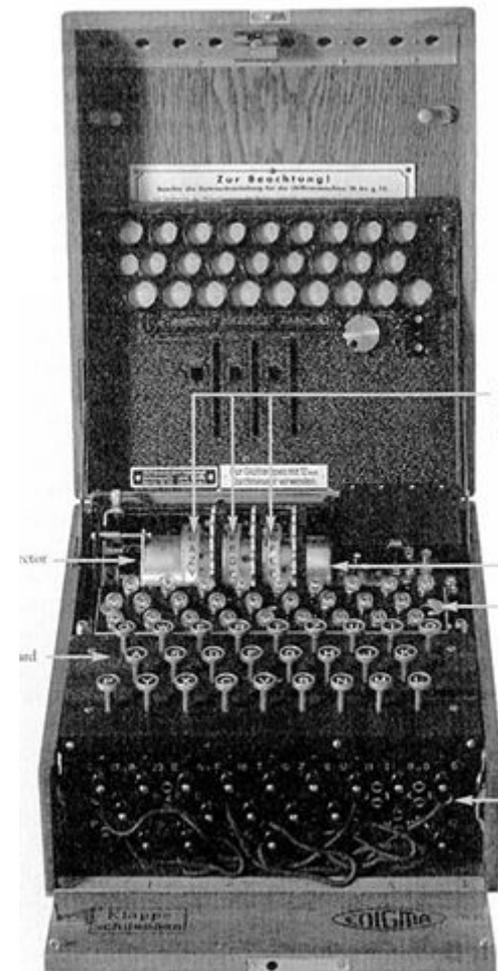
Морис Уилкс у машины  
EDSAC. 3000 ламп, ОЗУ 512  
СЛОВ

Из-за разногласий в команде разработчиков реализация проекта фон Неймана в США затянулась. Первая ЭВМ с хранимой программой EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) была построена в Англии в 1949 г. под руководством Мориса Уилкса (Wilkes, Maurice; р. 1913).

Английские ученые опирались на собственный опыт разработки электронных вычислительных устройств во время Второй мировой войны

## 2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ

В местечке Блечли-Парк (Bletchley Park) под Лондоном была организована сверхсекретная криптоаналитическая лаборатория для расшифровки немецких военных шифров, используемых в шифровальной машине [Enigma](#).

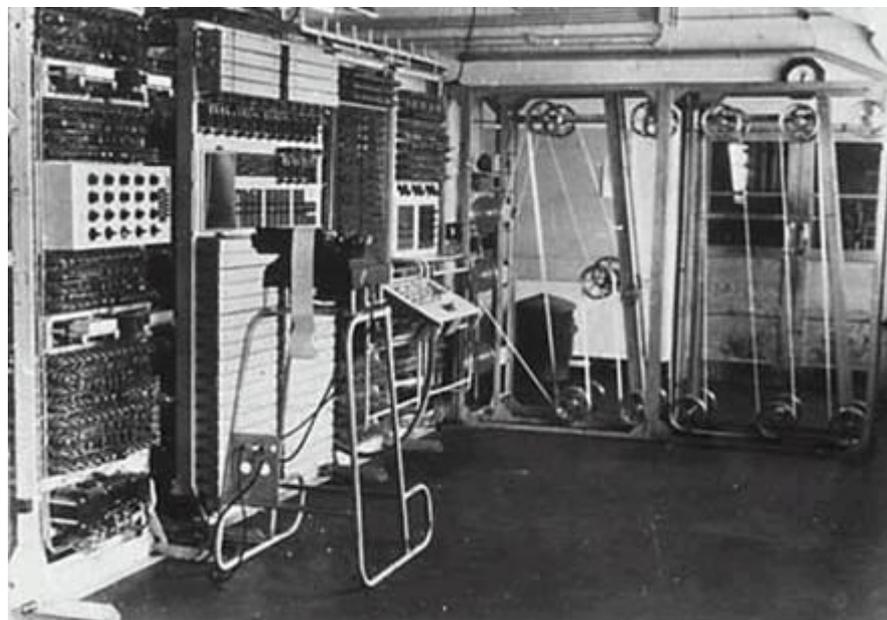


## 2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ



Алан Тьюринг  
(Turing, Alan Mathison;  
1912-1954)

Под руководством выдающегося математика Алана Тьюринга была построена специализированная электронная вычислительная машина **Colossus**. Она насчитывала 2000 радиоламп и обрабатывала 25000 симв./с



## 2. Проект фон Неймана и его вклад в архитектуру ЭВМ



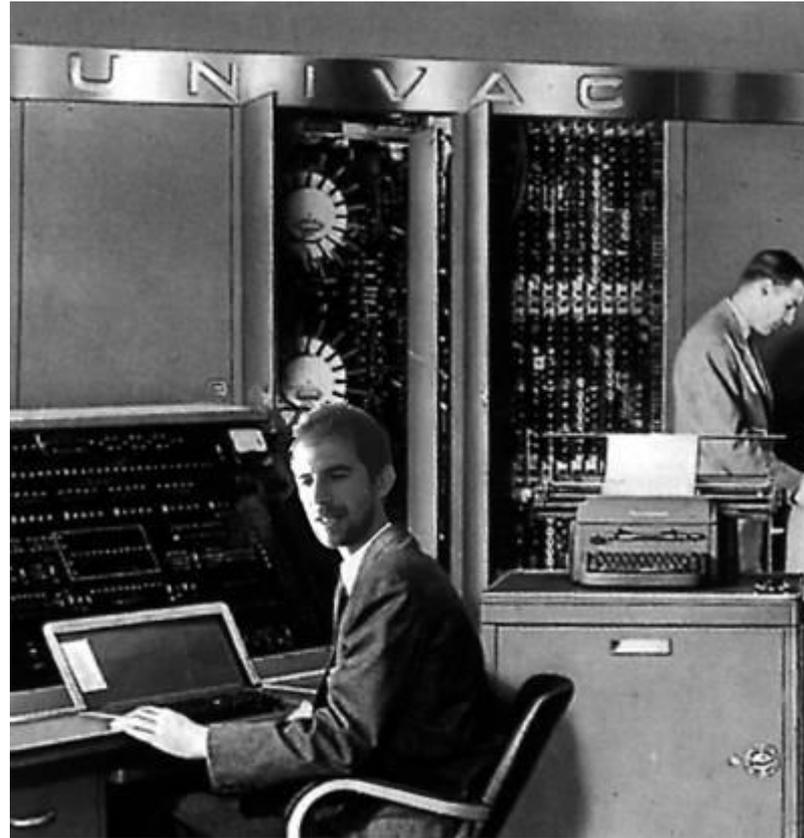
Американская ЭВМ с хранимой программой **EDVAC** (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) была построена только в 1950 г. Она имела 3500 ламп, ОЗУ 1024 слова по 44 бита

## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



В 1953 г. к производству ЭВМ общего назначения подключилась фирма IBM, выпустив серийную **IBM-701**. Быстродействие около 10000 оп./с, ОЗУ 2К 36-разрядных слова. Всего продано 19 машин.  
На фото: Томас Уотсон старший у пульта IBM-701

## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



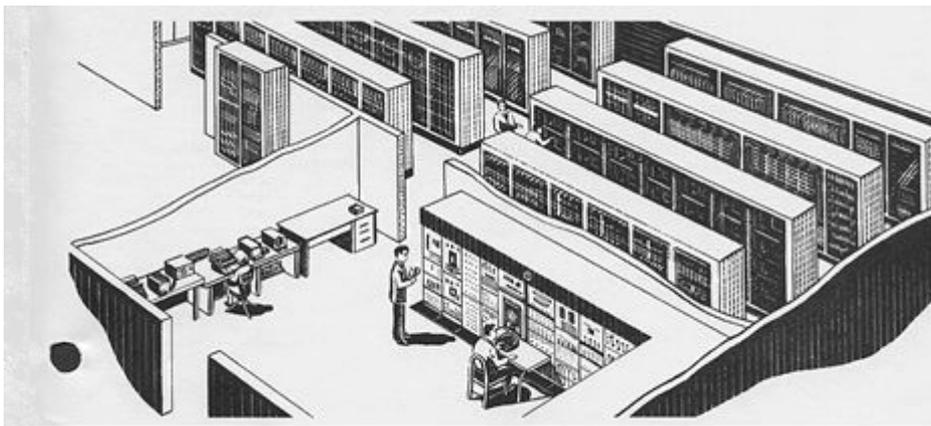
Первая серийная ЭВМ **UNIVAC-1** производства фирмы Remington Rand (1951 г.). Быстродействие 2000 оп./с, ОЗУ 1000 слов по 12 десятичных разрядов. Продано 46 машин по 1 млн. долл. каждая.

## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



Мощный импульс развитию первых ЭВМ дала полуавтоматическая система противовоздушной обороны США и Канады **SAGE** (Semi-Automatic Ground Environment), созданная в 1951-1958 годах

## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



Для обработки данных в системе SAGE в Массачусетском технологическом институте была разработана ЭВМ **Whirlwind** – «Вихрь». Подряд на поставку этих машин под названием (AN/FSQ-7) выиграла IBM. Каждая из 24 машин имела около 50 000 радиоламп, весила 250 тонн и потребляла мегаватт электроэнергии

### 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ

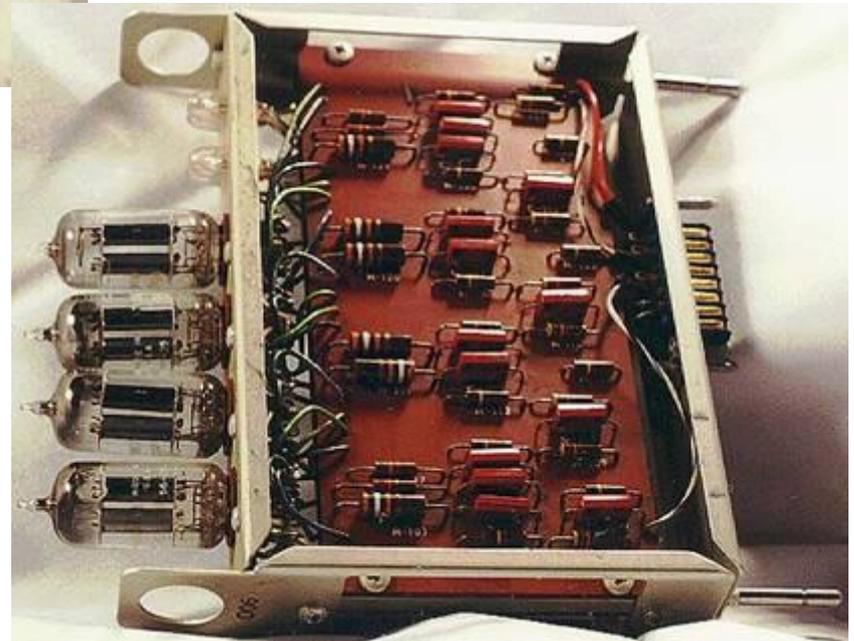
	Первое поколение	Второе поколение
Годы	1951-1960	1960-1965
Основной логический элемент	Электронная лампа	Транзистор
Быстродействие (оп/с)	1000 - 10 000	10 000 - 1 000 000
Технология и емкость оперативной памяти (слов)	Линии задержки, электронно-лучевые трубки, ферритовые матрицы 1000 - 10 000	Ферритовые матрицы, 10 000 - 1 000 000
Устройства ввода-вывода	Перфокарты, перфоленты, алфавитно-цифровые печатающие устройства (АЦПУ)	
Мировой парк	> 5000 шт. (1960 г.)	>30 000 шт. (1965 г.)

## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ

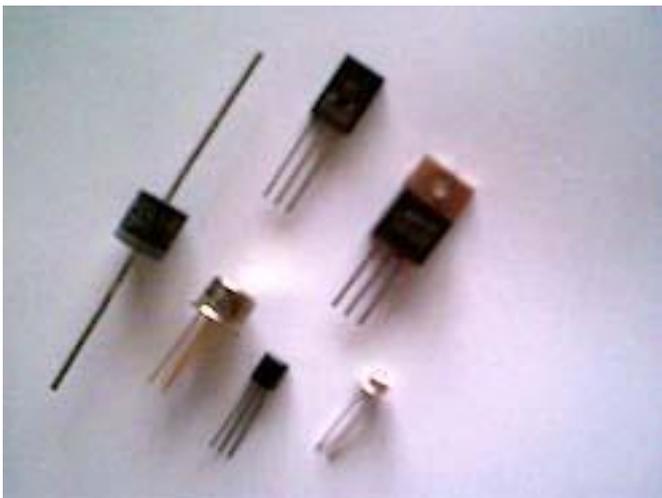


Основным логическим элементом ЭВМ 1-го поколения была электронная лампа.

Машины собирались из множества отдельных ячеек, которые вставлялись в разъемы и легко заменялись при выходе из строя

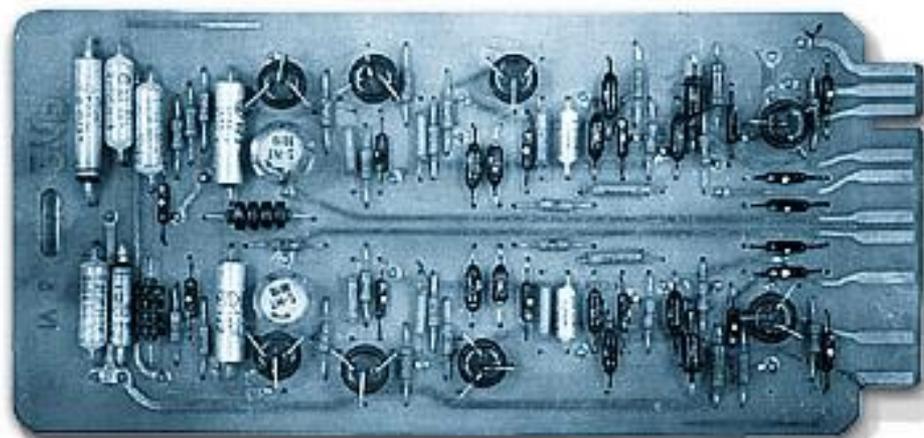


## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ

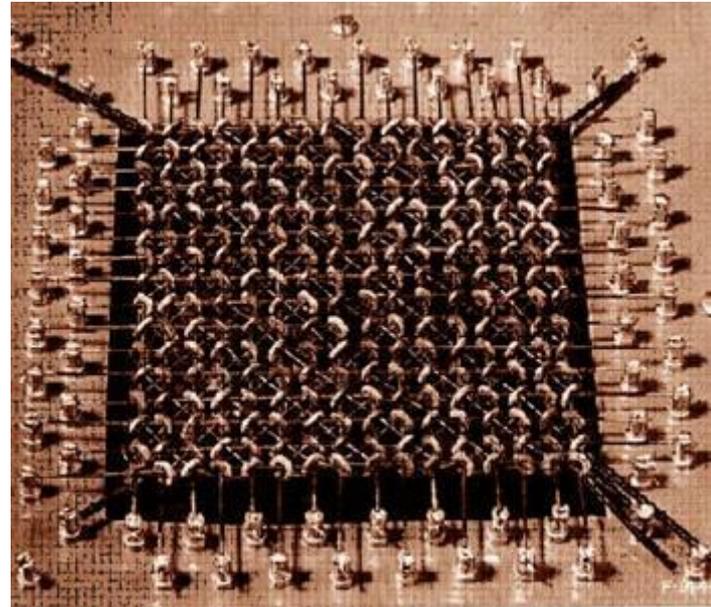
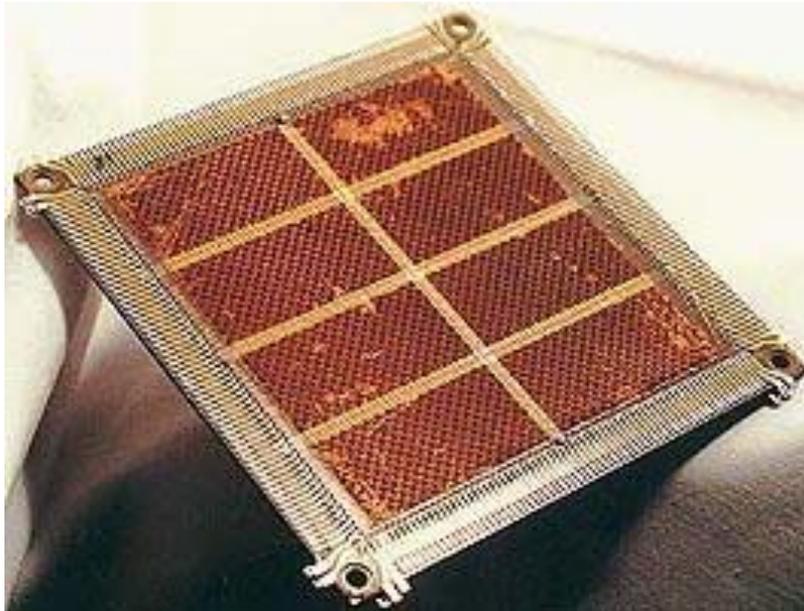


В ЭВМ 2-го поколения место радиоламп заняли миниатюрные и надежные транзисторы

Транзисторные ячейки по-прежнему собирались из дискретных элементов (резисторов, конденсаторов)



### 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



Вплоть до 70-х годов оперативная память ЭВМ строилась на матрицах из ферритовых колец, впервые использованных в ЭВМ [Whirlwind](#) (Вихрь), 1951 г.

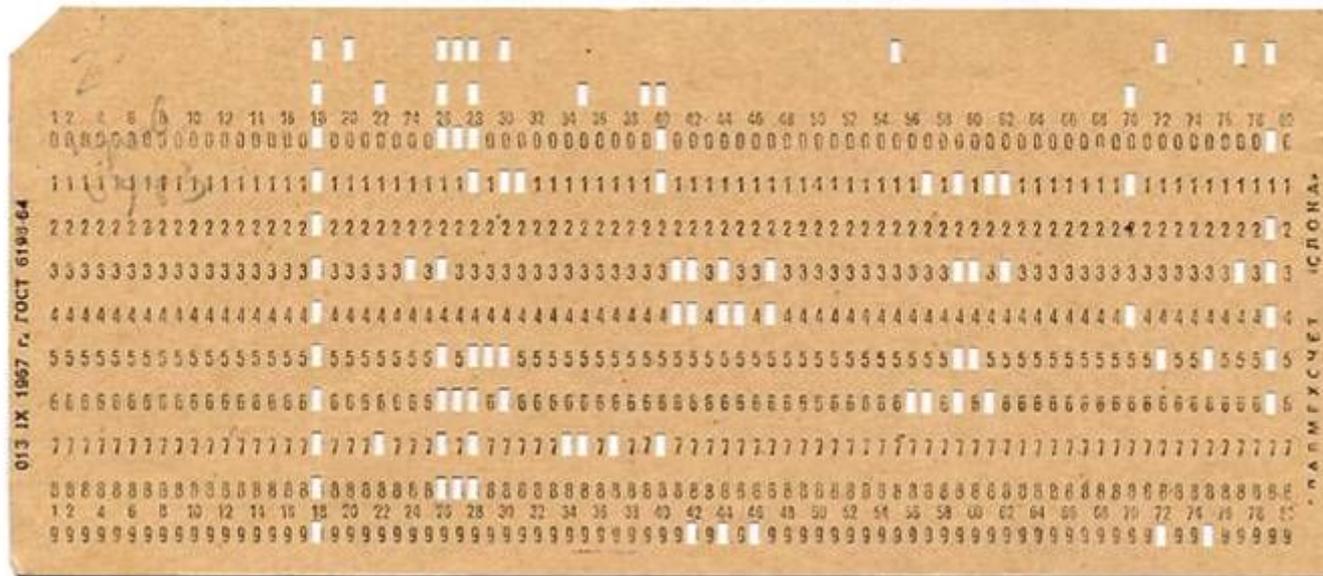
## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



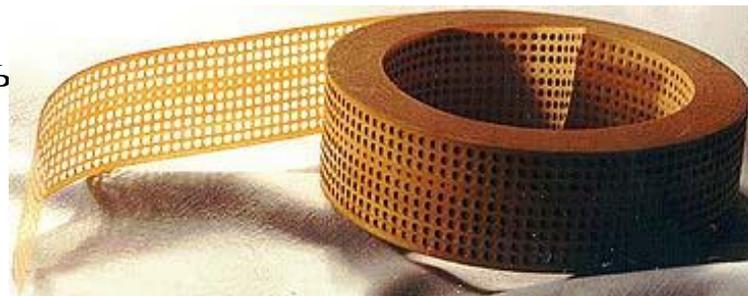
Внешняя память ЭВМ первых поколений в основном основывалась на магнитных лентах. Бобины магнитных лент хранились в ленточных библиотеках



## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



Для ввода информации в ЭВМ первых поколений использовались 80-колоночные перфокарты и 8-дорожечные перфоленты



### 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



Для вывода информации из ЭВМ использовались АЦПУ  
барабанного типа, печатающие на широкой перфорированной  
бумажной ленте

## 3-4. Первые поколения ЭВМ. Формирование индустрии ЭВМ



Наиболее мощной ЭВМ 2 поколения была **IBM-7030 Stretch** (1959 г.), установленная в ядерном центре Лос-Аламоса

Быстродействие – до 1 млн. оп./с, ОЗУ до 256К 64-битовых слов. Стоимость 10 млн. долл.

В этой машине впервые проявились черты ЭВМ будущих поколений



## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ



IBM System/360 (объявлена 7 апреля 1964 г.)

## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ

Некоторые особенности Системы 360:

- микросхемная элементная база;
- микропрограммное управление;
- внешняя память на магнитных дисках;
- дисплейные терминалы;
- открытая масштабируемая архитектура

Система 360 и ее клоны олицетворяют 3-е поколение ЭВМ.

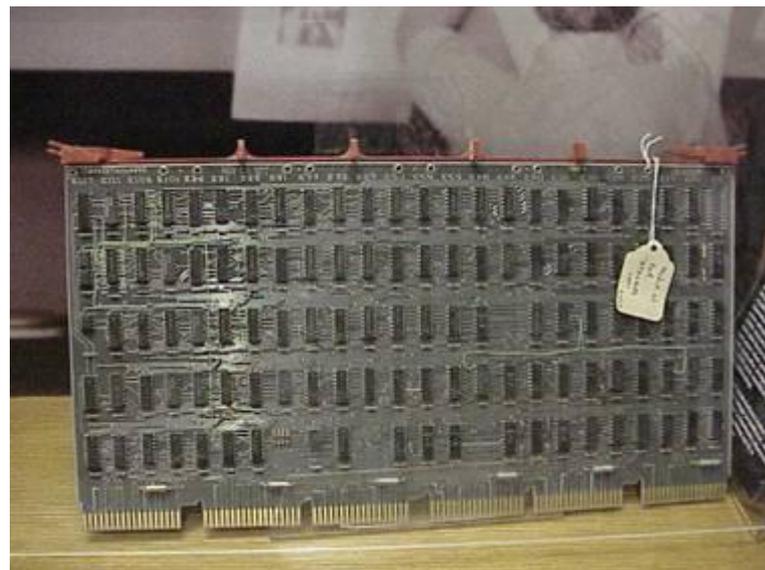
## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ



Элементную базу ЭВМ 3-го поколения составляли интегральные схемы (ИС) малой и средней (СИС) степени интеграции.

Одна микросхема заменяла ячейку ЭВМ 2-го поколения

Микросхемы позволили резко усложнить конструкцию машин. Печатная плата с микросхемами заменяла целый шкаф оборудования



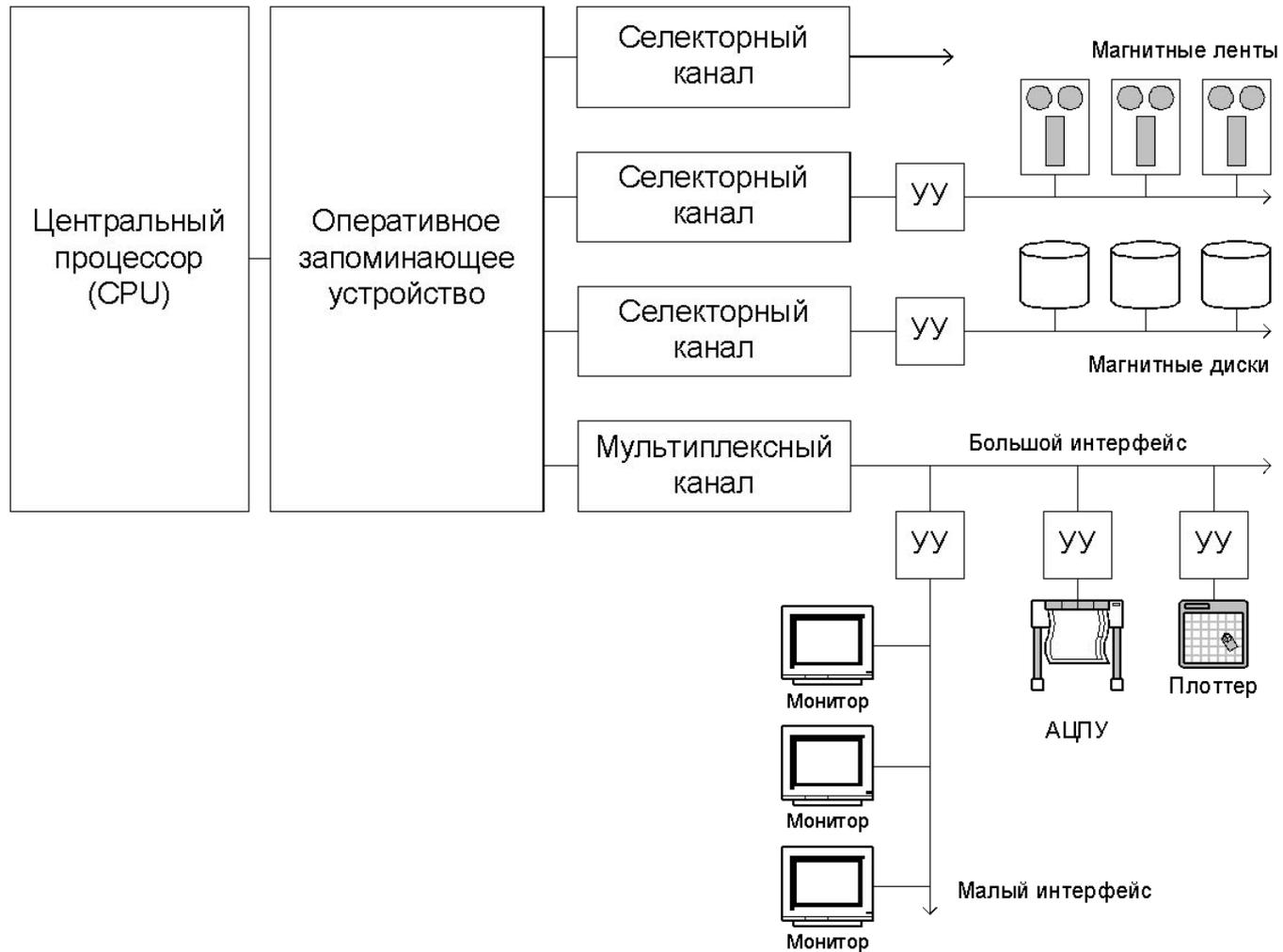
## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ



Накопитель на жестких магнитных дисках - основное устройство внешней памяти ЭВМ 3-го поколения. Емкость пакета дисков составляла от 7,25 до 29 Мбайт.



## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ



## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ

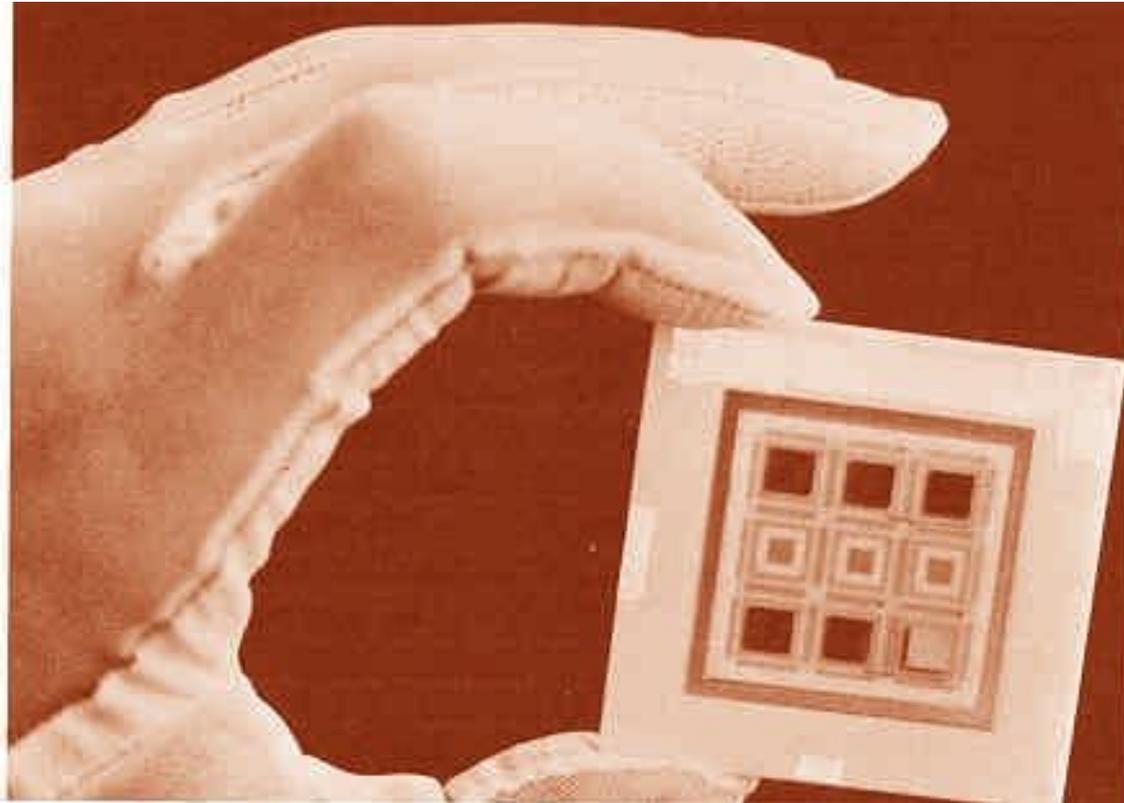
	Третье поколение	Четвертое поколение
Годы	1965 -1975	1975 -1980
Основной логический элемент	ИС, СИС	БИС
Быстродействие (оп/с)	$10^5 - 10^7$	$10^6 - 10^8$
Технология и емкость оперативной памяти (байт)	Ферритовые матрицы, $10^5 - 10^7$	Полупроводниковые БИС, $10^7 - 10^8$
Устройства ввода-вывода	Алфавитно-цифровые дисплеи, печатающие устройства	
Мировой парк	> 300 000 шт. (1975 г.)	>1 000 000 шт. (1980 г.)

## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ

Русское сокращение	Английское сокращение	Число транзисторов
ИС- интегральная схема	SSI – Small Scale Integration	до 64
СИС – средняя ИС	MSI – Middle Scale Integration	до 1024
БИС – большая ИС	LSI – Large Scale Integration	до 65 000
СБИС- сверхбольшая ИС	VLSI – Very Large Scale Integration	до 500 000
	SVLI – Super Very Large...	свыше 500 000

Классификация интегральных схем по числу транзисторов

## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ



Элементную базу ЭВМ 4-го поколения составляли большие интегральные схемы (БИС).

БИС является функционально законченным устройством, содержащим тысячи транзисторов и других элементов

## 4.1. Машина IBM S/360 и третье поколение ЭВМ



Логическим продолжением системы 360 в 70-е годы стала System/370, сохранившая аппаратную и программную совместимость с Системой 360

## 4.2. Расслоение рынка ЭВМ. Супер- и мини-ЭВМ



Первая супер-ЭВМ **CDC-6600**  
фирмы **Control Data Corporation** (1963 г.)  
Разрядность 64 бита, быстродействие 3 млн. оп./с.  
Цена более 10 млн. долл.

## 4.2. Расслоение рынка ЭВМ. Супер- и мини-ЭВМ



Мини-ЭВМ **PDP-8** фирмы **Digital Equipment** (1965 г.)  
Разрядность 12 бит. ОЗУ 4К слова. Быстродействие 500 тыс. оп./с. Цена 20  
000 долл.

## 4.2. Расслоение рынка ЭВМ. Супер- и мини-ЭВМ



Мини-ЭВМ PDP-11/70 и VAX-11/780 фирмы Digital Equipment

## 5. Вычислительная техника в СССР

### Основные этапы:

- зарождение (1948 - 1952 годы);
- расцвет (1950-е – 1960-е годы);
- подражание (1970-е – 1980-е годы);
- крах и надежды на возрождение (1990-е годы)

## 5. Вычислительная техника в СССР



Сергей Алексеевич Лебедев (1902-1974)

## 5. Вычислительная техника в СССР



Первая отечественная ЭВМ **МЭСМ** (1951 г., Киев).

Гл. конструктор С.А. Лебедев

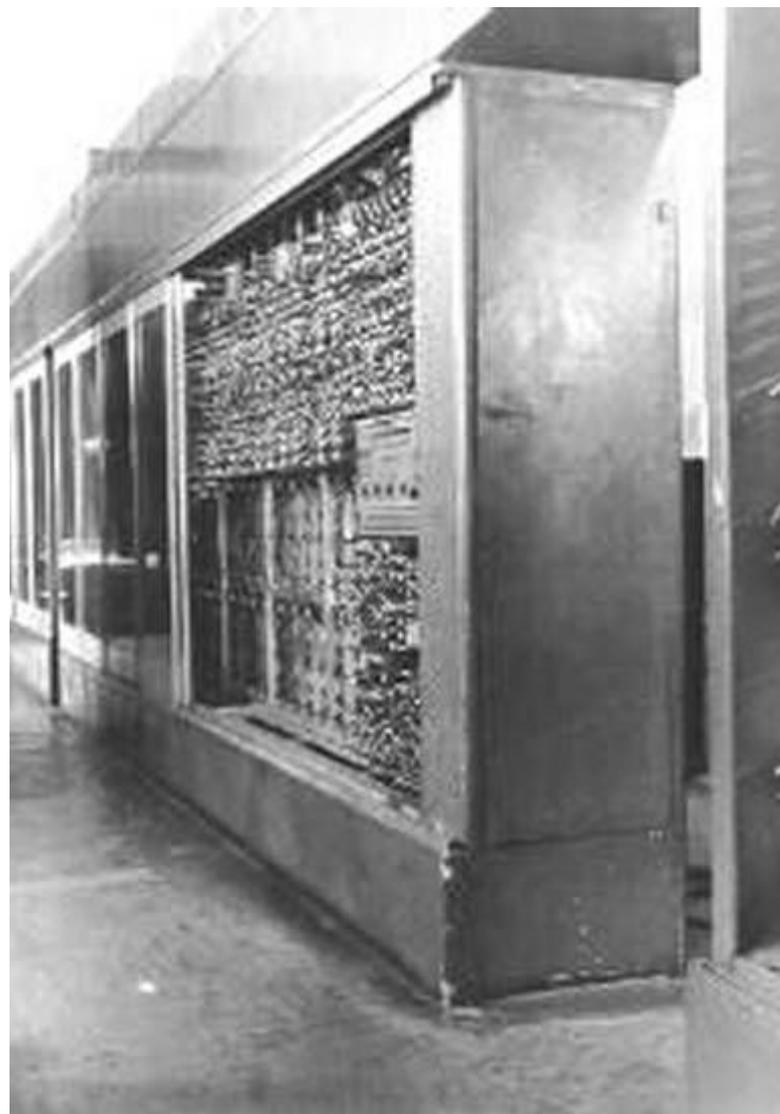
6000 электронных ламп, быстродействие 50 оп./с, ОЗУ 94

16-разрядных слова, потребляемая мощность 15 кВт, занимаемая площадь - 60 кв.м

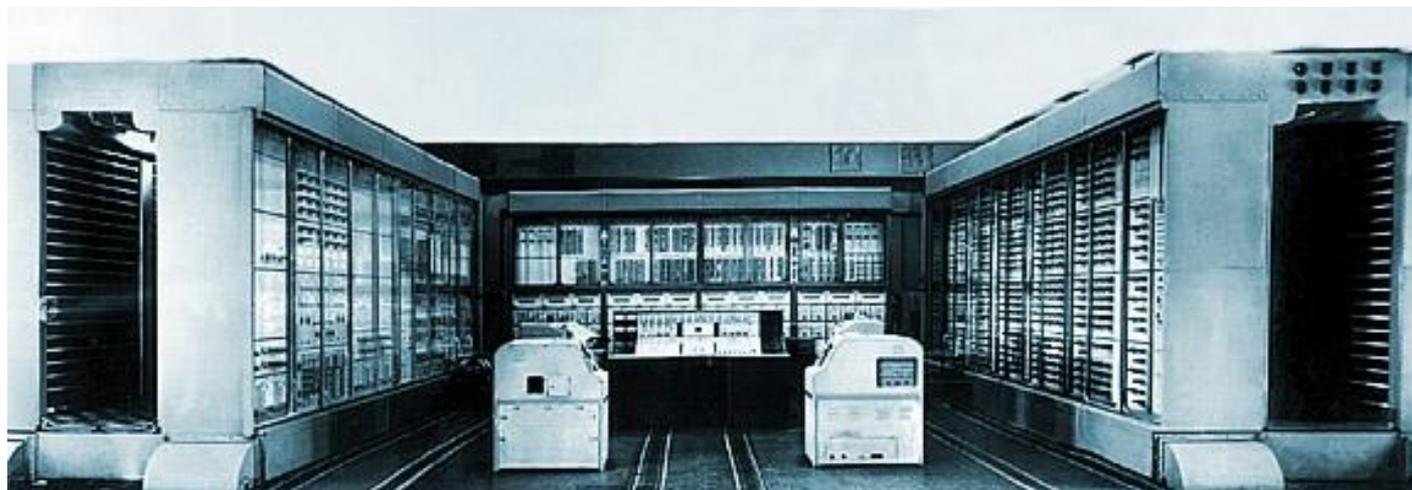
## 5. Вычислительная техника в СССР

Первая полномасштабная отечественная ЭВМ **БЭСМ** (1952 г., Москва, ИТМ и ВТ).  
Гл. конструктор С.А.Лебедев.

5000 ламп, быстродействие 8000 оп./с, ОЗУ 1К 39-разрядных слов, ПЗУ 1К слов, потребляемая мощность 30 квт, занимаемая площадь 100 кв. м



## 5. Вычислительная техника в СССР



Первая отечественная серийная ЭВМ «Стрела» (1953 г.).

Гл. конструктор Ю.Я. Базилевский, зам. гл. конструктора Б.И. Рамеев  
6200 ламп, 60000 полупроводниковых диодов. Быстродействие 2000 оп./с,  
ОЗУ на потенциалоскопах (43-разрядные слова), потребляемая мощность  
150 квт, занимаемая площадь 300 кв. м.

С 1953 до 1956 г. выпущено 7 экз.

## 5. Вычислительная техника в СССР



Серийная ЭВМ общего назначения **М-20** (1958 г.).

Гл. конструктор С.А.Лебедев

2600 ламп, ОЗУ 4К 45-разрядных слов, быстродействие  
20 000 оп./с, в то время самое большое в Европе

## 5. Вычислительная техника в СССР



Когда в 1965 г. в Томский университет пришла ЭВМ М-20, в учебных корпусах не нашлось достаточно места для ее установки. Машина была смонтирована в здании завода математических машин, где занимала половину первого этажа и подвал.

## 5. Вычислительная техника в СССР



ЭВМ **БЭСМ-6** (1968 г.) наиболее мощная из отечественных машин 2-го поколения. Гл. конструктор С.А. Лебедев  
60 тыс. транзисторов, 180 тыс. диодов, быстродействие 1 млн оп./с,  
ОЗУ от 32К до 128К 48-разрядных слов.  
Производилась до 1987 г, всего выпущено 355 экз.

## 5. Вычислительная техника в СССР

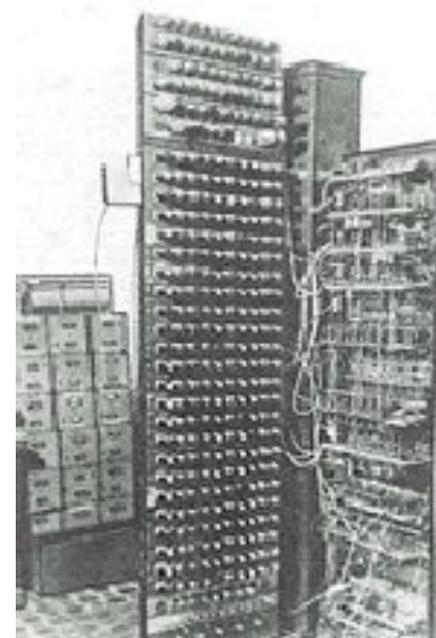


Исаак Семенович Брук (1902-1974)

## 5. Вычислительная техника в СССР

Экспериментальная ЭВМ М-1  
(1951 г., Энергетический институт АН СССР,  
Москва)

750 электронных ламп,  
быстродействие 15-20 оп./с.  
Гл. конструктор И.С. Брук



ЭВМ М-2 и М-3, разработанные  
И.С. Бруком, дали начало направлению малых  
и управляющих машин в СССР.  
На основе М-3 в Минске и Ереване развернуто  
производство ЭВМ «Минск» и «Раздан»

## 5. Вычислительная техника в СССР



Под фирменным «бруковским» индексом «М» разрабатывались и выпускались вычислительные системы специального назначения.

Наиболее мощным был многопроцессорный комплекс М-13 (1984 г.) с быстродействием 48 млн. оп./с.

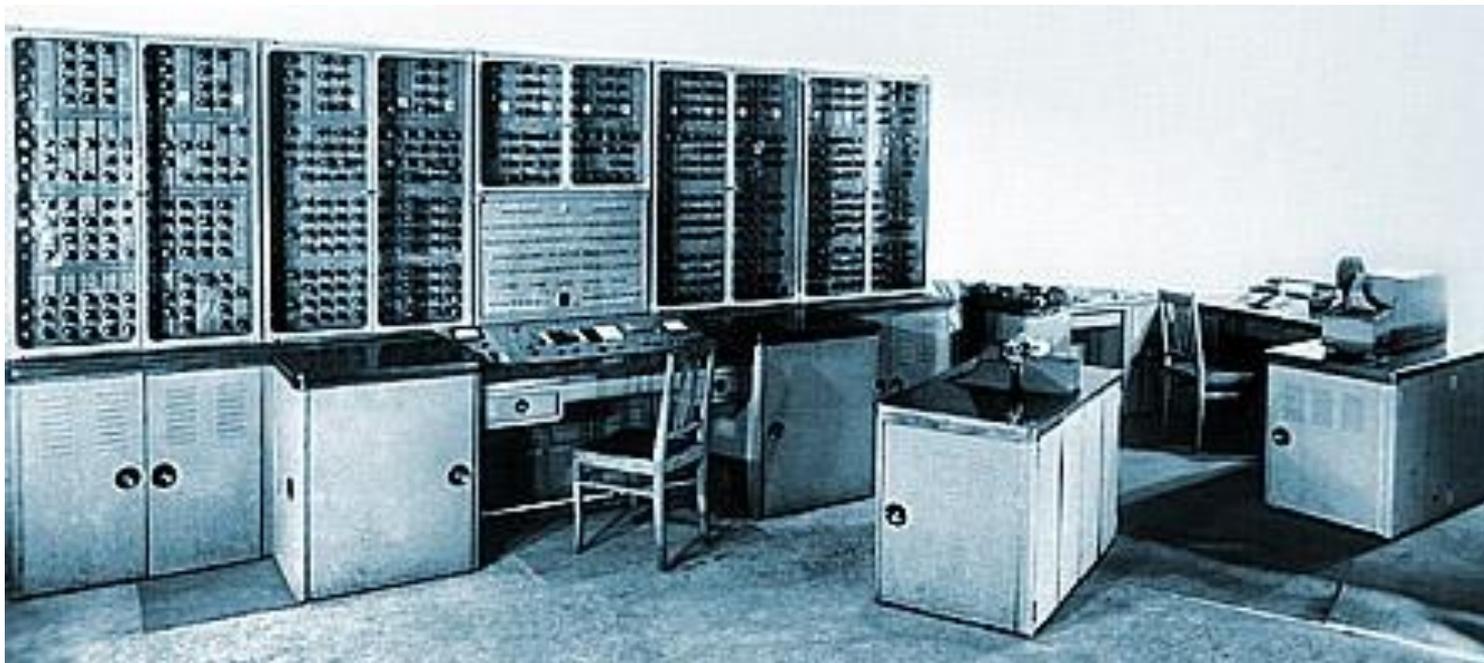
Гл. конструктор М.А. Карцев

## 5. Вычислительная техника в СССР



Башир Искандарович Рамеев (1918-1994)

## 5. Вычислительная техника в СССР



Серийная ЭВМ малого класса **Урал -1** (1957 г., НИИММ, г. Пенза).

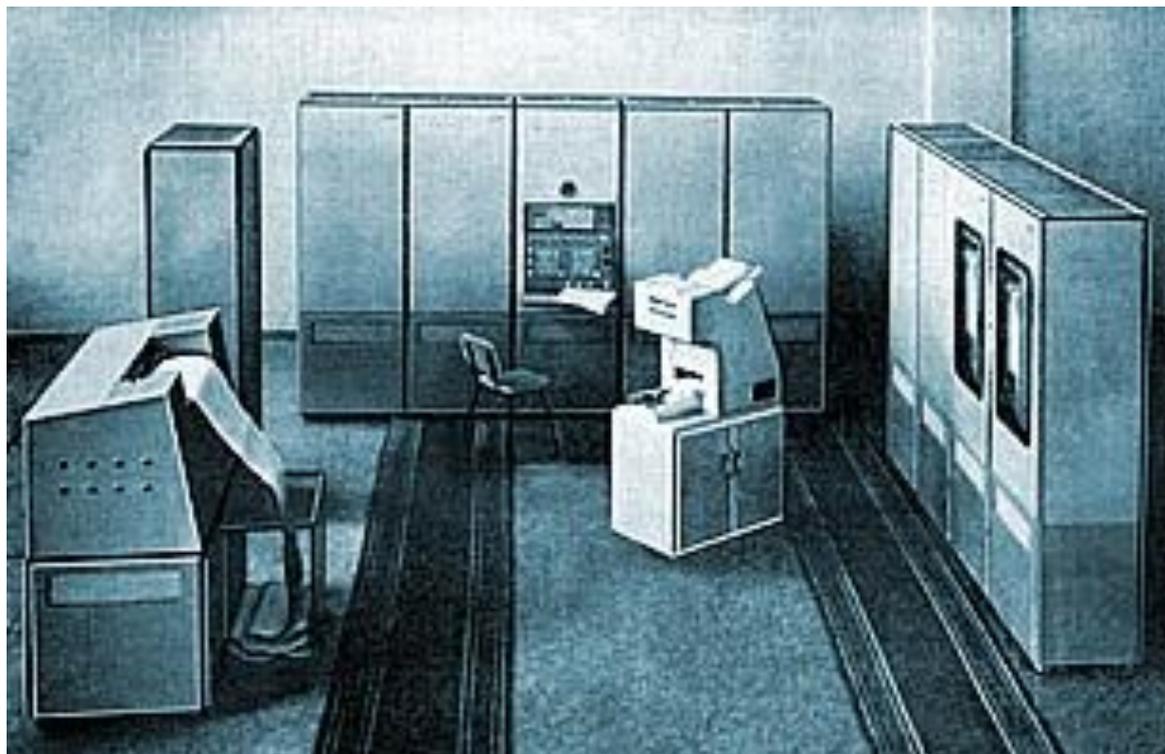
Гл. конструктор Б.И. Рамеев.

700 электронных ламп. ОЗУ на магнитном барабане (1024 36-разрядных слова). Быстродействие 100 оп./с.

Первая ЭВМ в восточной части СССР, установлена в Томском государственном университете в 1958 г.

Всего выпущено 183 шт.

## 5. Вычислительная техника в СССР



Семейство полупроводниковых ЭВМ среднего класса **Урал -11,- 14, -16** (1964-1969 годы) имело унифицированную архитектуру, быстродействие от 45 до 100 тыс. оп./с. Гл. конструктор Б.И. Рамеев

## 5. Вычислительная техника в СССР



Виктор Михайлович Глушков (1923-1982)

## 5. Вычислительная техника в СССР



В.М. Глушков демонстрирует работу малой ЭВМ «Промінь»

Генеральный секретарь ЦК КПСС Л.И. Брежнев и члены Политбюро осматривают ЭВМ «Промінь»



## 5. Вычислительная техника в СССР



Машина инженерных расчетов  
**МИР-1** (1966 г., ИК АН УССР, г.  
Киев)

Имела оригинальное  
многоступенчатое программное  
управление. Единственная  
советская машина, купленная  
фирмой IBM (1967 г.). Гл.  
конструктор В.М.Глушков

**МИР-2** (1969 г.)  
Машина могла  
выполнять  
аналитические  
выкладки



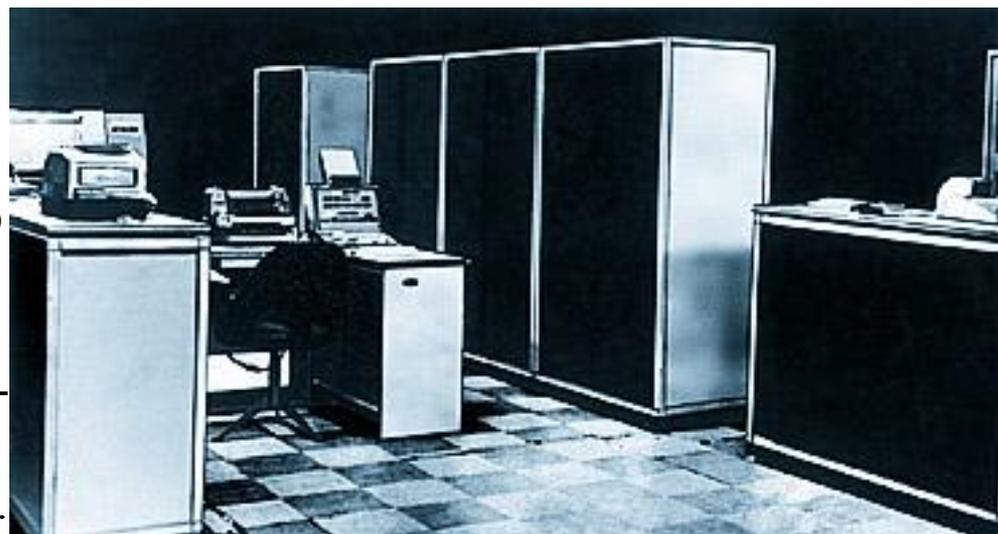
## 5. Вычислительная техника в СССР



«Минск-1» - первая из фирменного семейства белорусских ЭВМ (1960 г.)  
Гл. конструктор Г.П. Лопато  
800 ламп, 2500 оп./с, ферритовая память 1К 31-битовых слов.  
Всего до 1964 г. выпущено 220 шт.

Полупроводниковая  
«Минск-32» (1968 г.) –  
последняя из семейства  
«Минсков». Гл. конструктор  
В.В. Пржиялковский

30-35 тыс. оп./с, ОЗУ 64К 38-  
разряд-ных слова. До 1975 г.  
выпущено 2889 экземпляров.



## 5. Вычислительная техника в СССР



В конце 1960-х годов советское руководство приняло принципиальное решение о прекращении производства оригинальных отечественных ЭВМ и развертывании работ по созданию **Единой системы ЭВМ (ЕС ЭВМ)** социалистических стран на базе архитектуры IBM System/360, а также Системы малых машин (СМ ЭВМ) на базе архитектуры Hewlett Packard и PDP-11.

На фото: члены Политбюро ЦК КПСС на выставке ЕС ЭВМ и СМ ЭВМ (1979 г.)

## 5. Вычислительная техника в СССР



Пульт управления ЕС-1036



Центральный процессор



Стойка магнитных лент



АЦПУ

Устройства ЕС ЭВМ

## 5. Вычислительная техника в СССР



ЭВМ СМ-1



ЭВМ СМ-4  
(ИНЭУМ, г. Москва, 1976 г.)  
Гл. конструктор Б.Н. Наумов

## 5. Вычислительная техника в СССР



ЭВМ Эльбрус-2 (1985 г.).  
Гл. конструктор Б.А. Бабаян

Брусенцов Николай Петрович  
(род. 7 февраля 1925 г.)

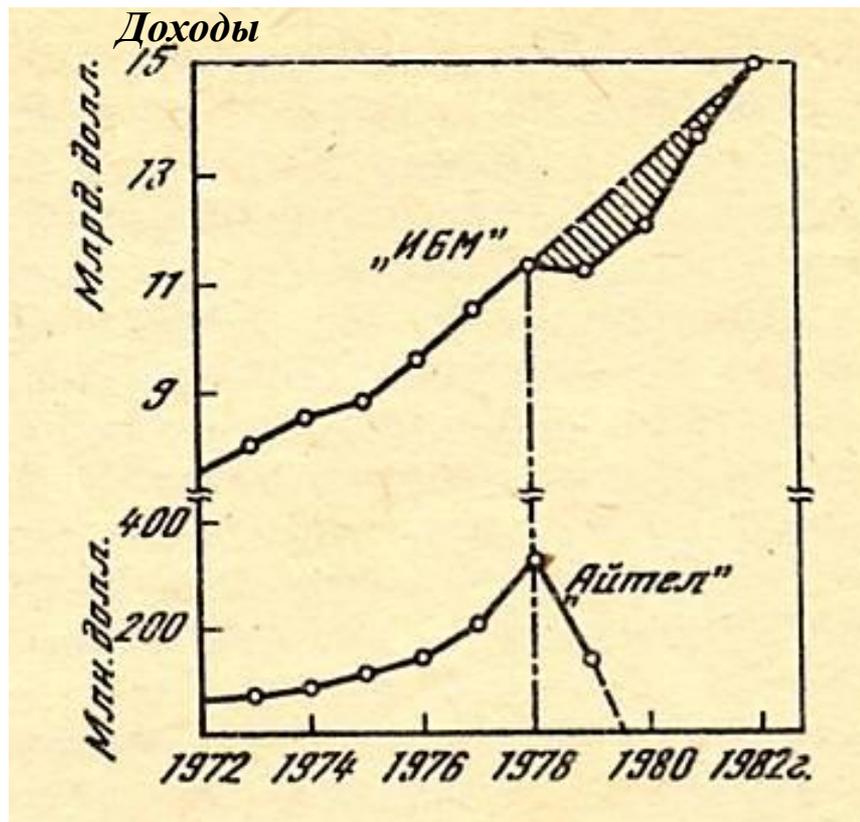
Гл. конструктор троичной ЭВМ  
«Сетунь».

Кандидат технических наук.  
Заслуженный научный  
сотрудник МГУ.

Заведующий лабораторией ЭВМ  
факультета вычислительной  
математики и кибернетики МГУ  
им. М.В. Ломоносова  
(точно 2004 г.)

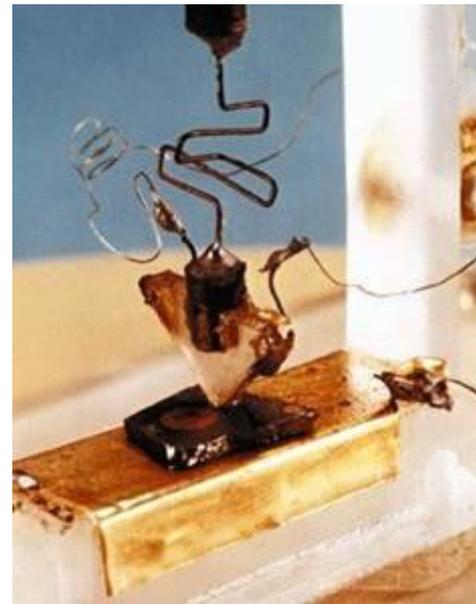


## 6.1. Микропроцессорная революция



Микропроцессорная революция, грянувшая в 1978-1980 годах, привела к застою и убыткам в «непотопляемой» ИВМ и краху компаний, занимавшихся лизингом мэйнфреймов

## 6.1. Микропроцессорная революция



В 1948 г. сотрудники Bell Labs Вильям Шокли (Shockley, William; 1910-1989), Джон Бардин (Bardeen, John; 1908-1991) и Вальтер Браттейн (Brattain, Walter; 1902-1987) создали первый транзистор (снимок справа).

Нобелевская премия по физике 1956 г.

## 6.1. Микропроцессорная революция



Sheldon Roberts  
Julius Blank

Eugene Kleiner  
Robert Noyce

Victor Grinich  
Gordon Moore

Jay Last  
Jean Hoerni

В 1955 г. Вильям Шокли вернулся в родной город Пало Альто (Palo Alto) и основал фирму Shockley Labs Inc., пригласив восемь молодых талантливых сотрудников из восточных штатов.

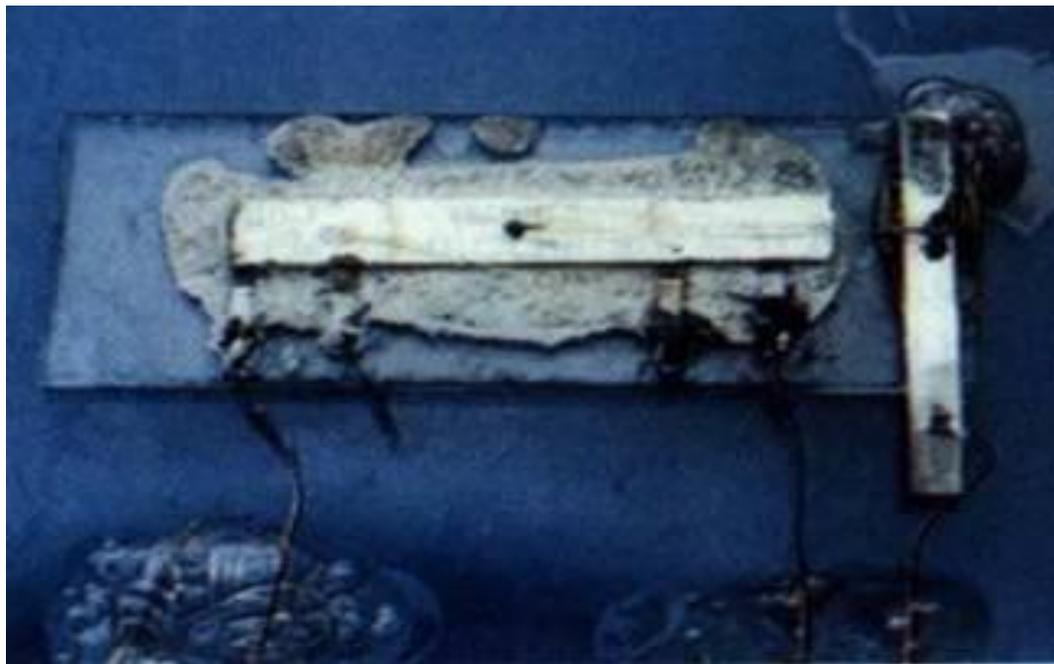
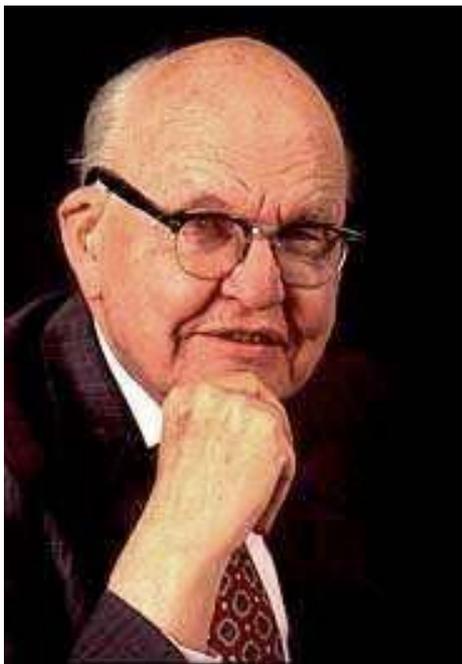
В 1957 г. «восьмерка предателей (Eight Traitors)» ушла от него и организовала фирму Fairchild Semiconductor.

## 6.1. Микропроцессорная революция



Впоследствии члены восьмерки продолжали разбегаться, основывая полупроводниковые компании вдоль 50-мильного участка шоссе 101 от Сан Хосе (San Jose) до Сан Франциско. Здесь образовалась уникальная концентрация высокотехнологичных производств и исследовательских центров, получившая название «кремниевой (силиконовой) долины».

## 6.1. Микропроцессорная революция



В 1958 г. Джек Килби (р. 1923) из Texas Instruments создал первую экспериментальную интегральную схему, содержащую 5 транзисторов. В качестве полупроводникового материала использовался германий, отдельные части схемы соединялись золотыми проводниками и скреплялись воском.

Нобелевская премия по физике 2000 г.

## 6.1. Микропроцессорная революция



Увеличенная фотография  
первой планарной  
микросхемы

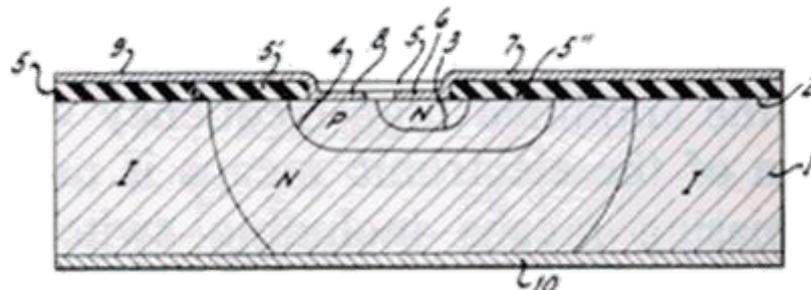
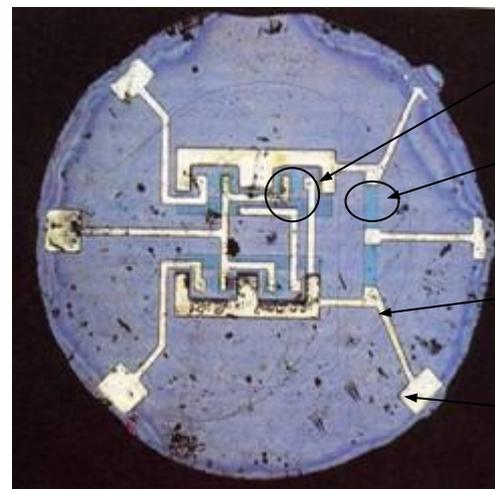


Рисунок из патента



Транзистор

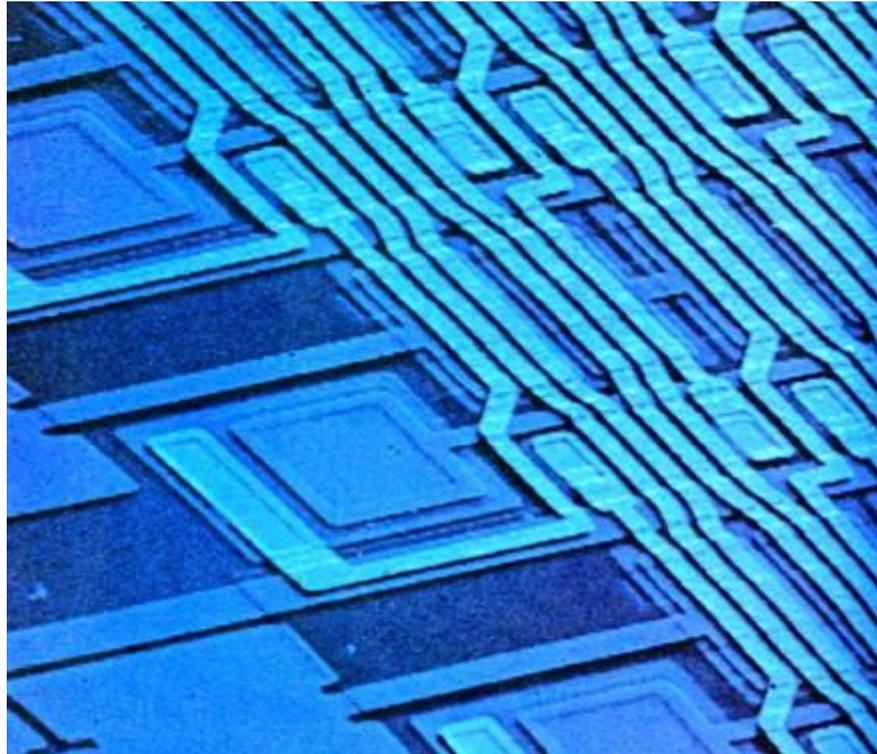
Резистор

Алюминиевый  
проводник

Контактная  
площадка

В 1959 году Роберт Нойс (Noyce, Robert; 1908-1990) разработал тонкопленочную (планарную) технологию интегральных схем на основе кремния с алюминиевыми проводниками

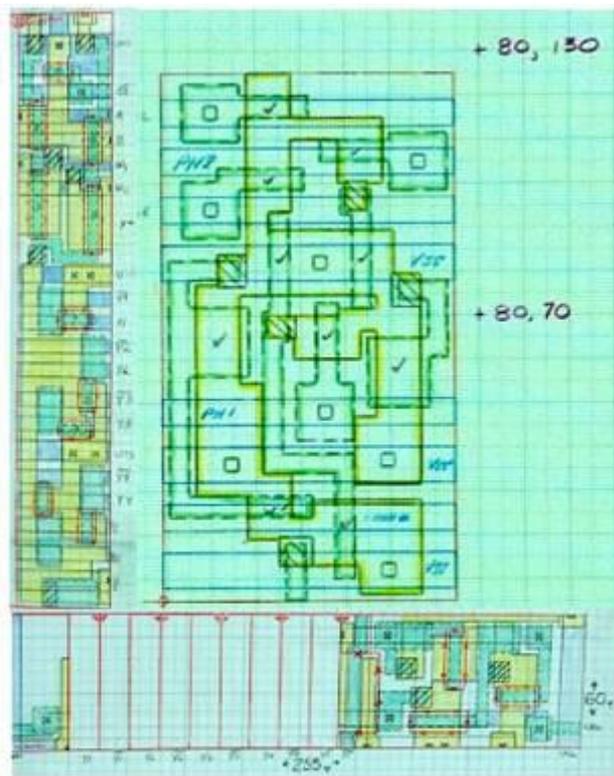
## 6.1. Микропроцессорная революция



Современная интегральная схема содержит многие тысячи структурных элементов, размещенных на нескольких сверхтонких слоях различных материалов (металла, изолирующего окисла, полупроводника).

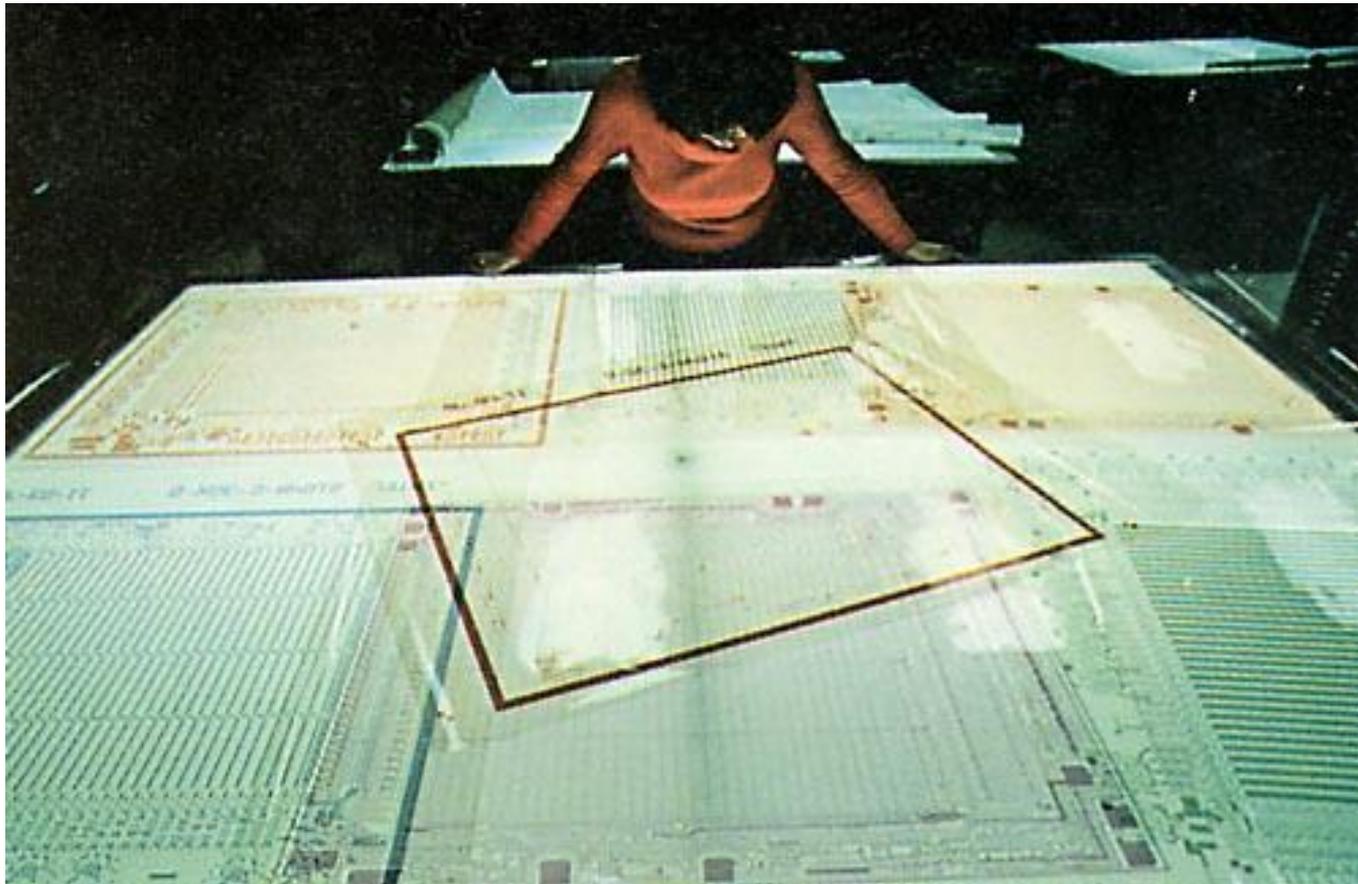
Фотография с электронного микроскопа. Ширина проводящих алюминиевых полосок 0,1-0,2 микрона

## 6.1. Микропроцессорная революция



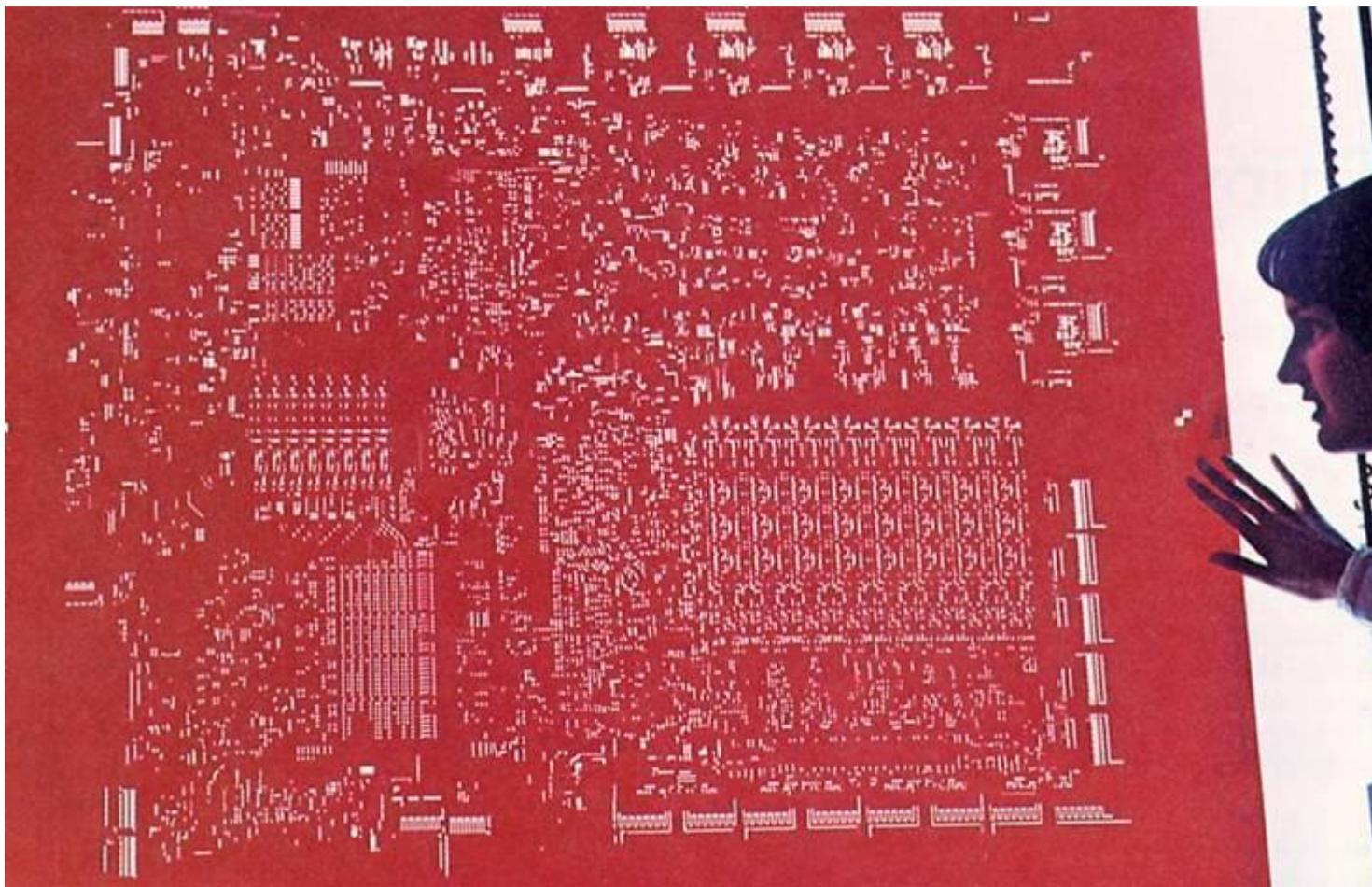
Разработка чертежа большой интегральной схемы представляет собой сложный и длительный процесс. Топология микросхемы является объектом авторского права

## 6.1. Микропроцессорная революция



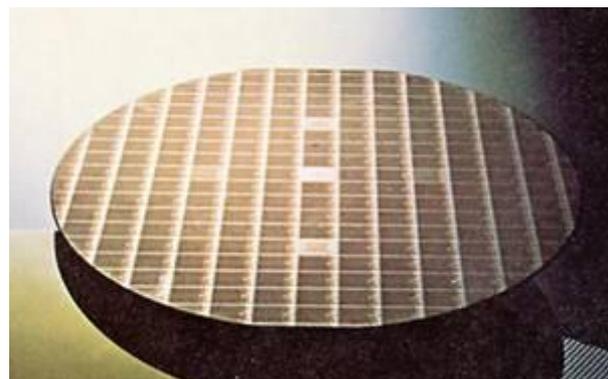
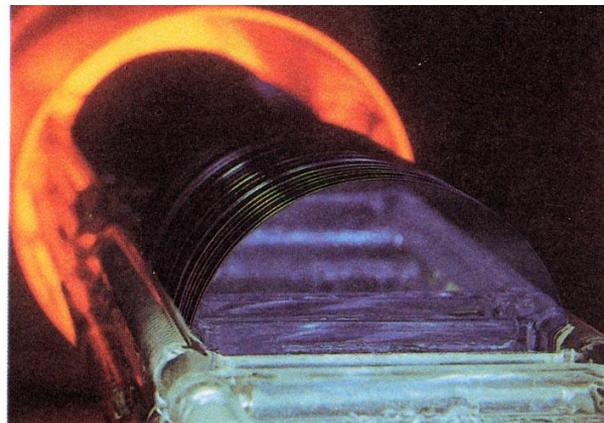
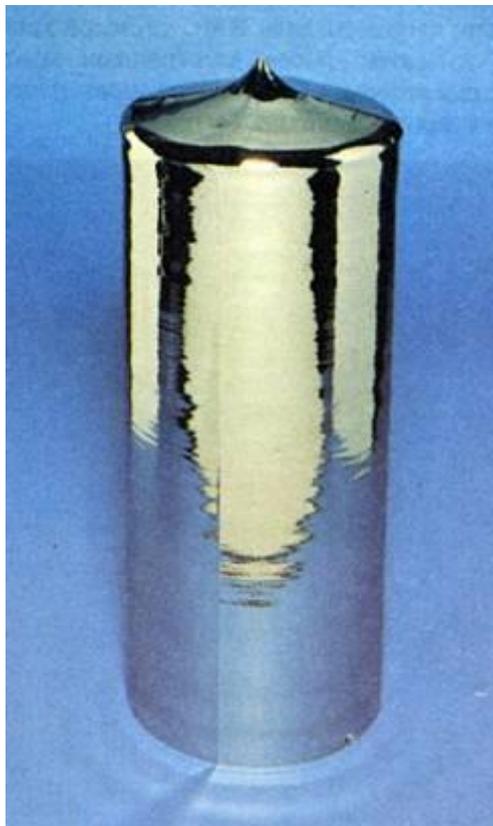
Производство интегральных схем основано на фотолитографическом процессе. На каждый слой микросхемы составляется отдельный чертеж,

## 6.1. Микропроцессорная революция



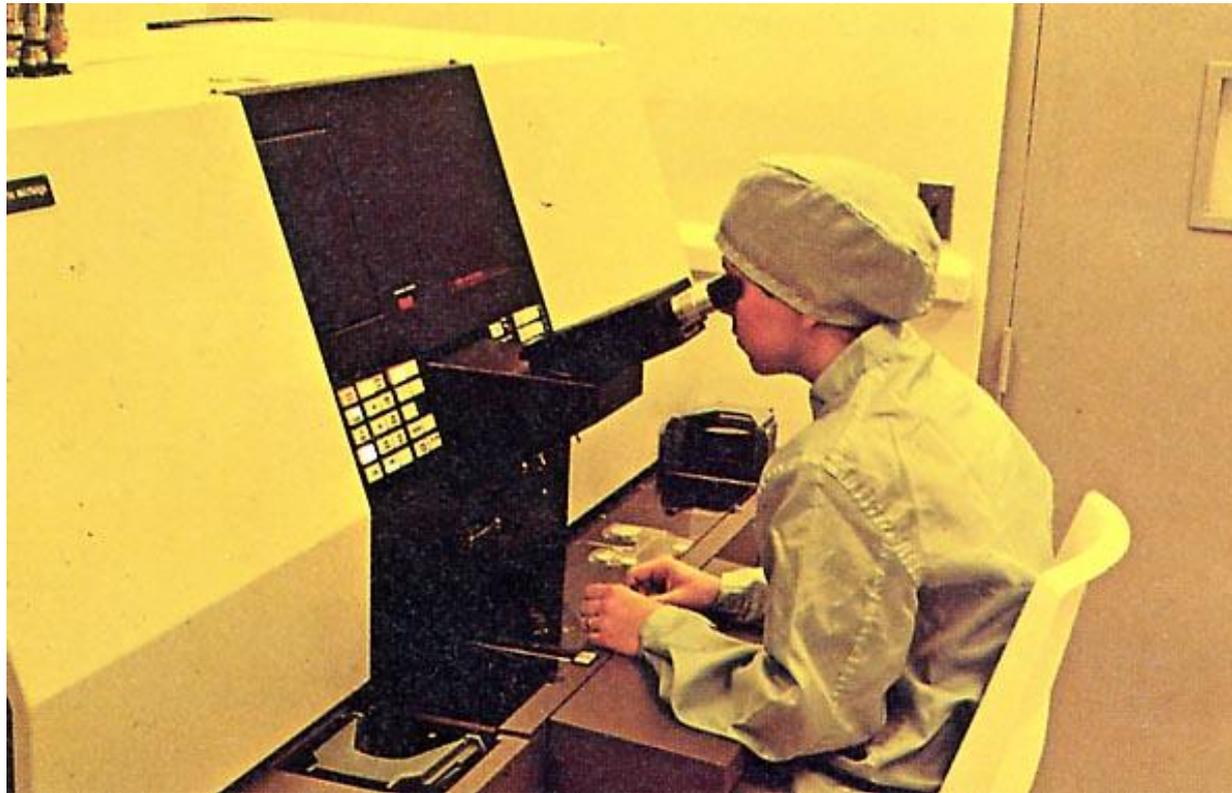
на основе которого готовятся фотошаблоны для формирования элементов данного слоя

## 6.1. Микропроцессорная революция



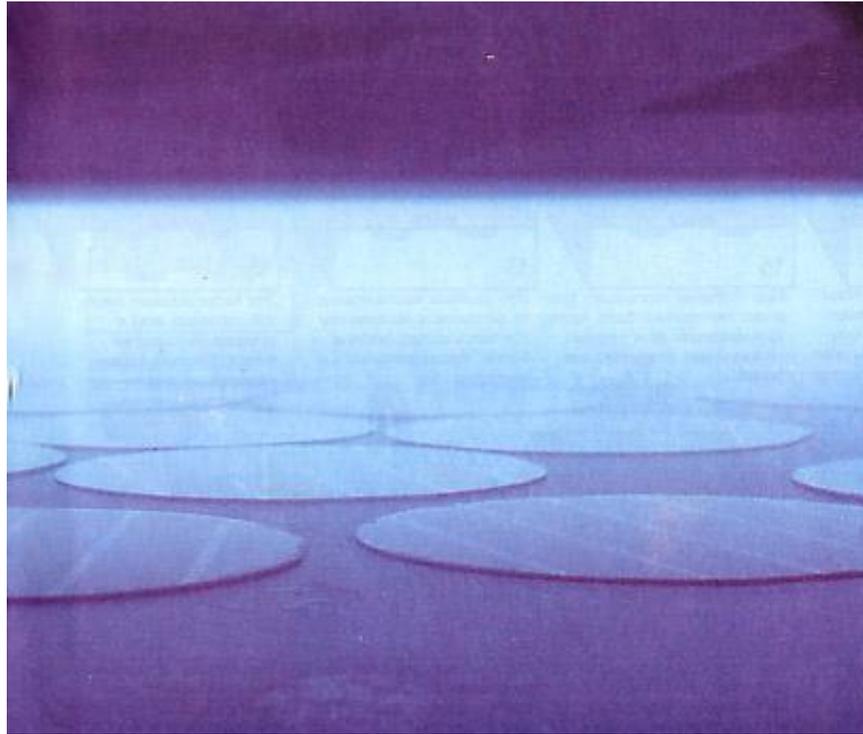
Процесс массового изготовления интегральных схем начинается с изготовления кремниевых подложек. Слиток сверхчистого кремния диаметром 10-15 см распиливается на пластины, на каждой из которых будет выращиваться несколько сот микросхем. Пластины покрываются слоем фоточувствительной эмульсии.

## 6.1. Микропроцессорная революция



С помощью фотоумножителя делаются микроскопические отпечатки фотошаблонов на покрытую эмульсией подложку. Затвердевшая в светлых местах эмульсия остается на поверхности пластины после ее промывки, она создает маску для соответствующей стадии диффузионного процесса.

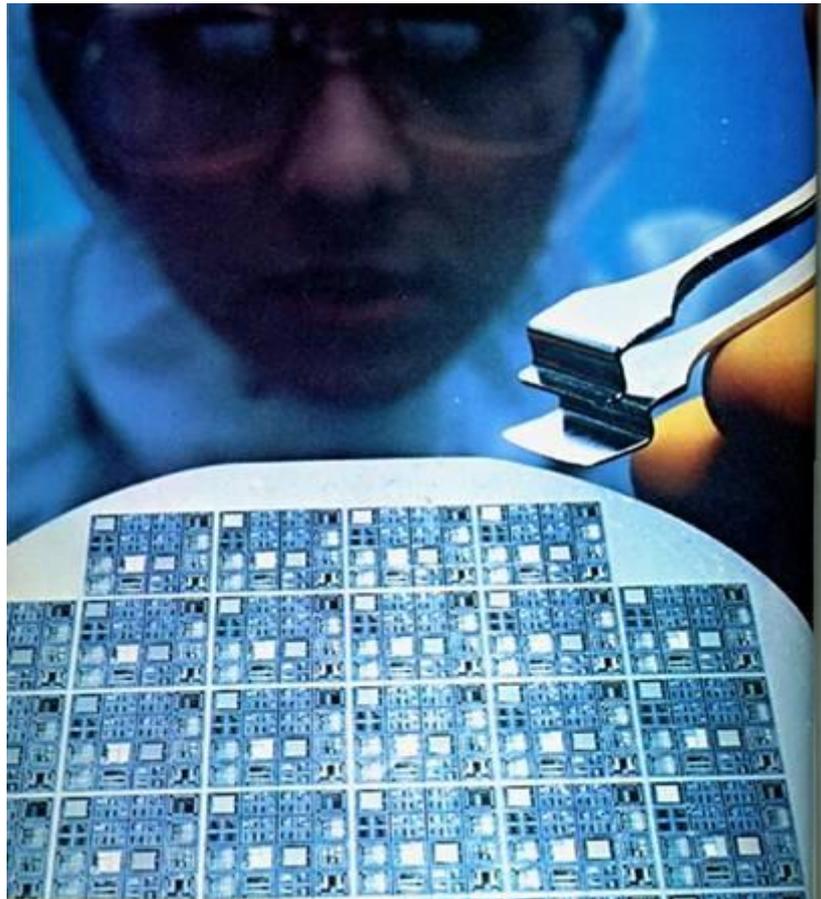
## 6.1. Микропроцессорная революция



Основной технологический процесс происходит в диффузионной камере, куда помещаются подложки, и куда по очереди в соответствии с технологией подаются горячие газы и пары металлов. Воздействуя на незащищенные фотоэмульсией участки пластины, они напыляют или вытравливают рисунок отдельных слоев, постепенно наращивая структуру микросхемы.

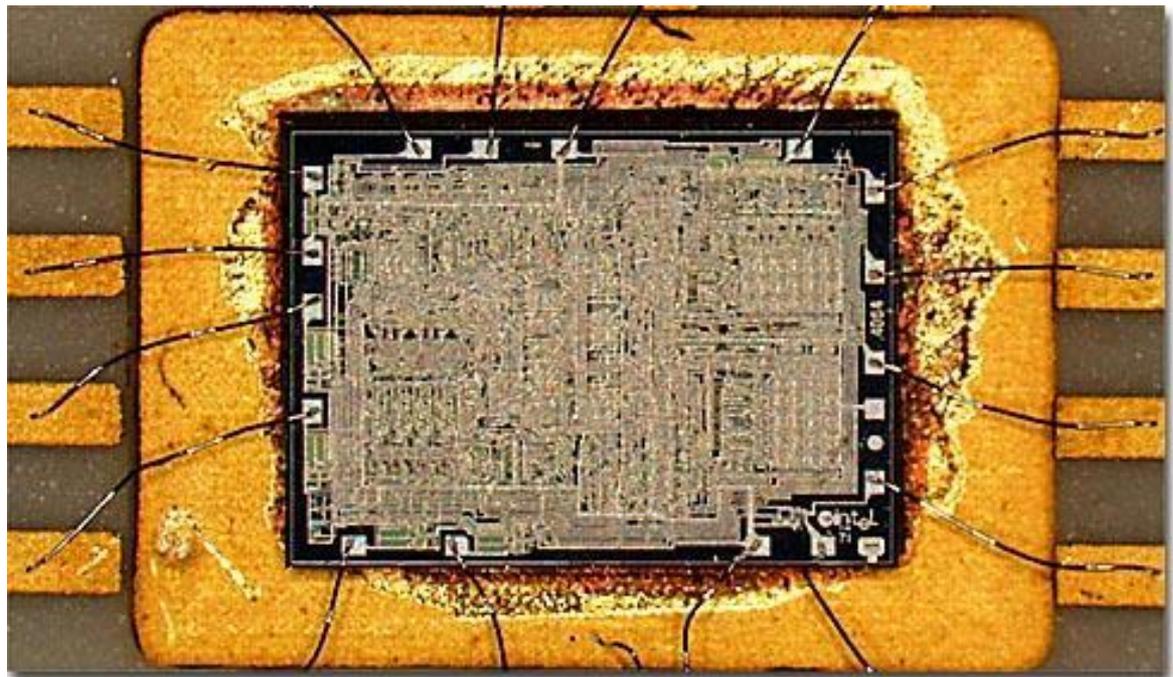
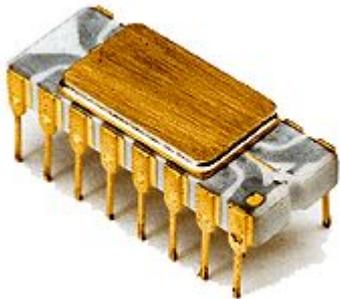
Технологический процесс содержит несколько десятков стадий и может продолжаться более месяца.

## 6.1. Микропроцессорная революция



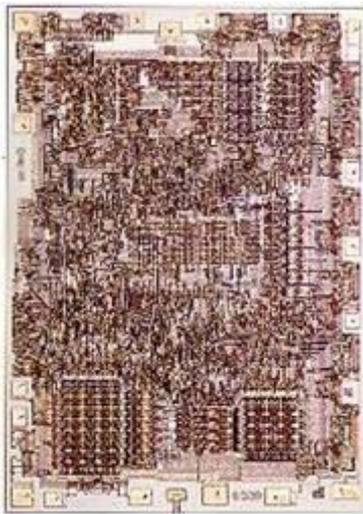
Каждый из маленьких квадратиков – готовая интегральная схема. Осталось распилить пластину на отдельные чипы и вставить их в корпуса с контактами.

## 6.1. Микропроцессорная революция

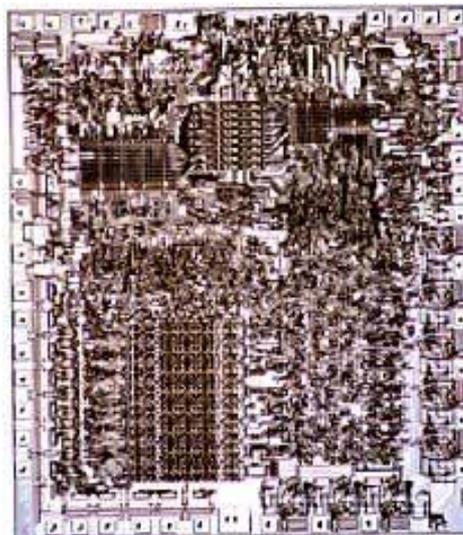


Первый микропроцессор **Intel-4004** (1971 г.).  
Разрядность 4 бита, тактовая частота 108 кГц.  
Число транзисторов 2250

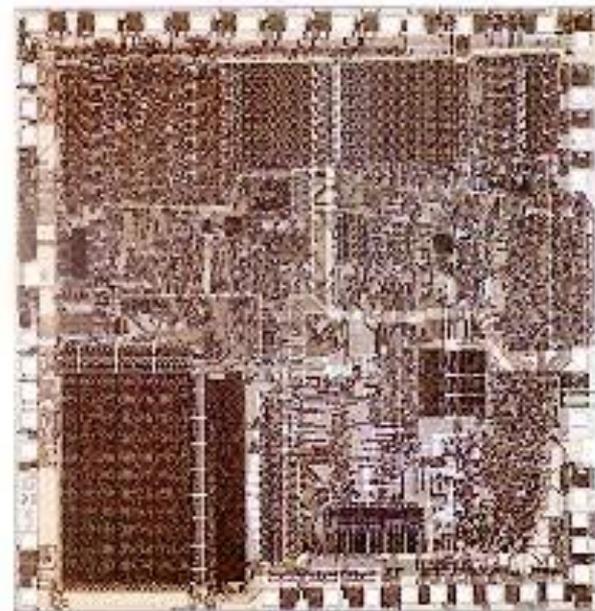
## 6.1. Микропроцессорная революция



**1972 год:** Первый 8-битовый микропроцессор Intel 8008. Число транзисторов 2500



**1974 год:** 8-битовый микропроцессор Intel 8080. Число транзисторов 5000. Этот процессор стал стандартом для первого поколения ПК.



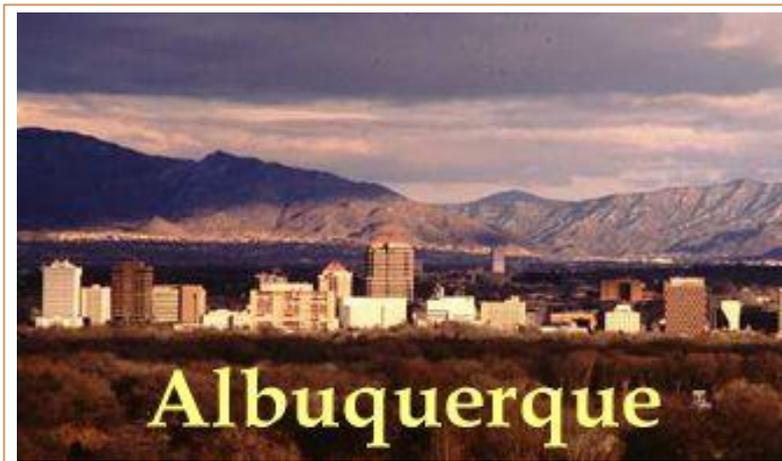
**1978 год:** 16-битовый микропроцессор Intel 8086-8088. Число транзисторов 29000. Применен в IBM PC. Система команд x86 стала стандартной для ПК следующих поколений на платформе Intel.

## 6.1. Микропроцессорная революция

Годы	Объем производства микропроцессоров, (тыс. штук)
1976	20
1977	50
1982	5000
1983	10000

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Первый коммерческий микрокомпьютер Altair-8800



Первый коммерческий персональный компьютер был выпущен небольшой фирмой **MITS (Micro Instrumentation and Telemetry Systems)** в городе Альбукерке, основанной бывшим летчиком Эдом Робертсом (Roberts, Edward; р. 1941). Фирма производила наборы деталей для радиоуправляемых моделей и калькуляторы.



## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

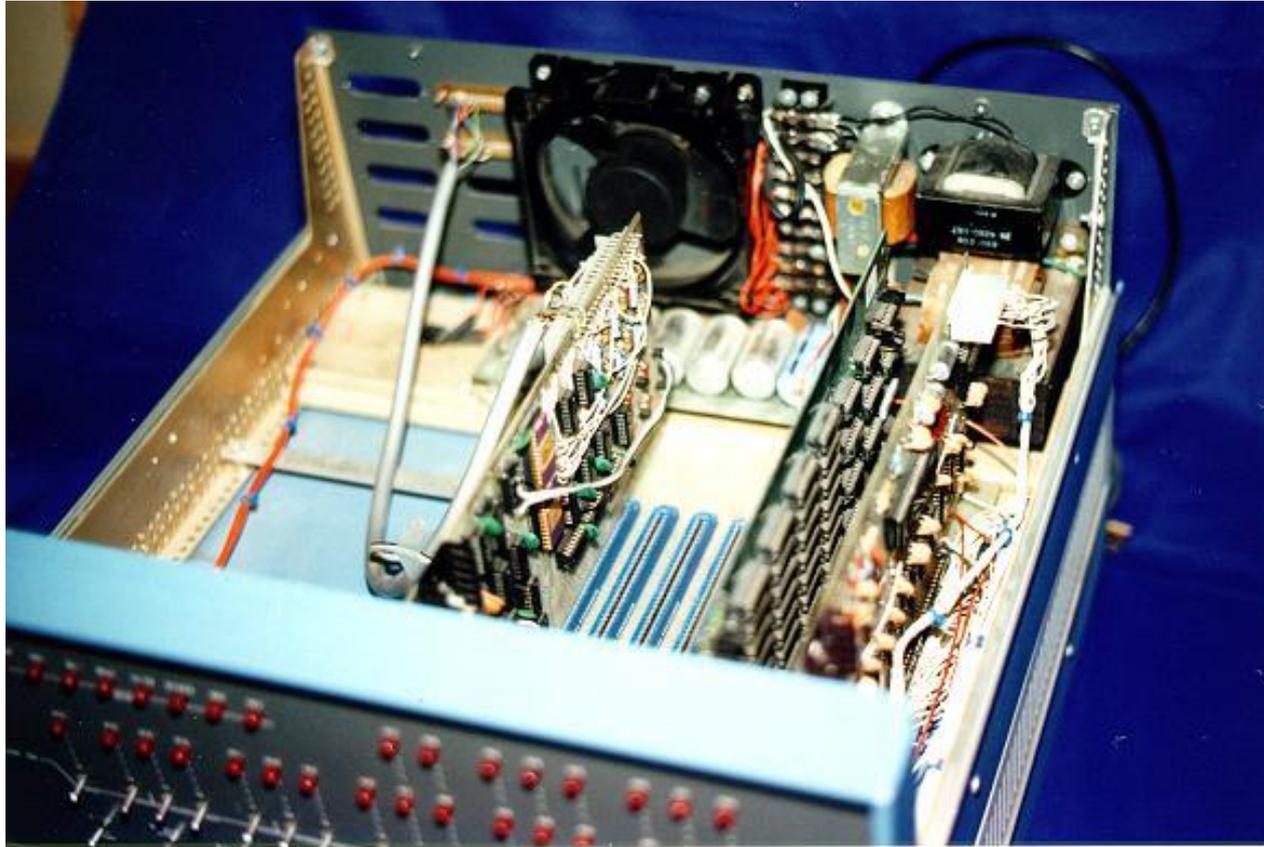
### Первый коммерческий микрокомпьютер



Первый персональный компьютер **Altair-8800** фирмы MITS (1975 г.).  
Микропроцессор Intel 8008, тактовая частота 500 кГц,  
ОЗУ 256 байт, цена 439 долл. в собранном виде и 397 долл. в виде набора  
деталей

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Первый коммерческий микрокомпьютер



Основу архитектуры Altair-8800 составляет 100-контактная общая шина S-100, к которой подключаются съемные модули. Эта архитектура стала впоследствии классической

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Первый коммерческий микрокомпьютер

HOW TO "READ" FM TUNER SPECIFICATIONS

# Popular Electronics

WORLD'S LARGEST-SELLING ELECTRONICS MAGAZINE JANUARY 1975 / 75¢

**PROJECT BREAKTHROUGH!**

## World's First Minicomputer Kit to Rival Commercial Models...

**"ALTAIR 8800" SAVE OVER \$1000**

**ALSO IN THIS ISSUE:**

- An Under-\$90 Scientific Calculator Project
- CCD's—TV Camera Tube Successor?
- Thyristor-Controlled Photoflashers

**TEST REPORTS:**

- Technics 200 Speaker System
- Pioneer RT-1011 Open-Reel Recorder
- Tram Diamond-40 CB AM Transceiver
- Edmund Scientific "Kirlian" Photo Kit
- Hewlett-Packard 5381 Frequency Counter

Реклама компьютера Altair-8800 была опубликована на обложке январского (1975 г.) номера радиоловительского журнала «Popular Electronics»

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Первый коммерческий микрокомпьютер



Прочитав в начале января 1975 г. журнал, два студента из Бостона Пол Аллен (Allen, Paul; р. 1954) и Билл Гейтс (Gates, William; р. 1955) предложили MITS свои услуги по разработке компилятора с языка Basic

На 8 этаже этого здания в Альбукерке располагался первый офис образованной ими компании Microsoft



## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Первое поколение персональных ЭВМ

Первое поколение ПК (1976-1980 годы) основывалось на 8-разрядных микропроцессорах intel-8080 или Zilog-80. Среди множества производителей выделялись канадская фирма Commodore и американская Tandy Radio Shack. Объем продаж измерялся десятками тысяч экземпляров



PET фирмы Commodore



TRS-80 фирмы Tandy  
Radio Shack

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Первое поколение персональных ЭВМ



Для домашнего применения фирма Sinclair в 1980 г. выпустила ПК **Spectrum**, подключаемый к обычному телевизору и бытовому магнитофону

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

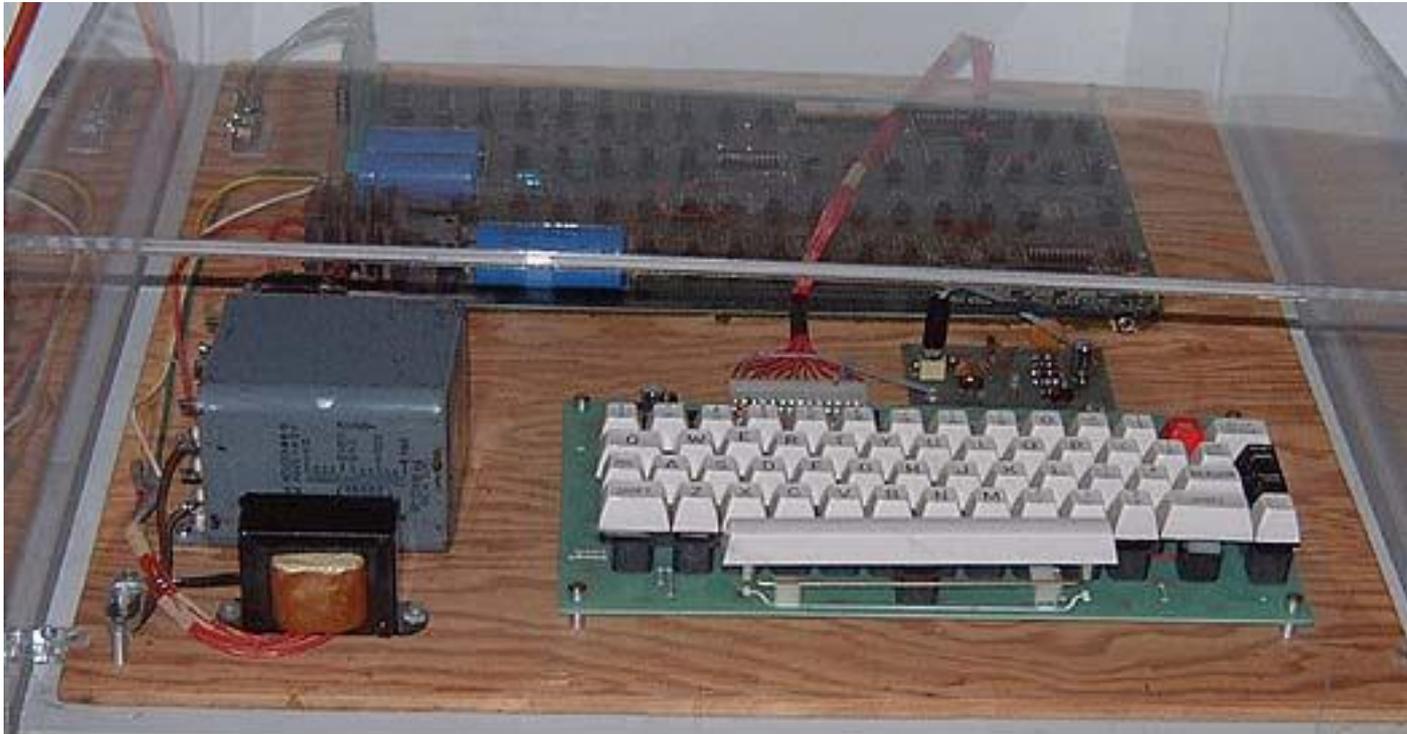
### Феномен Apple



Стив Джобс (Jobs, Steve; р. 1955) и Стив Возняк (Wozniak, Steve; р. 1950) – основатели компании Apple Computer (1976 г.)

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Феномен Apple



Персональный компьютер [Apple-1](#) (1976 г.)  
Микропроцессор MC6502. Цена 666,66 долл.  
Продано 200 экз.

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Феномен Apple

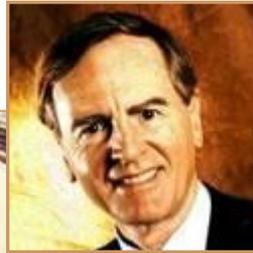


Apple-2 (1977 г.)

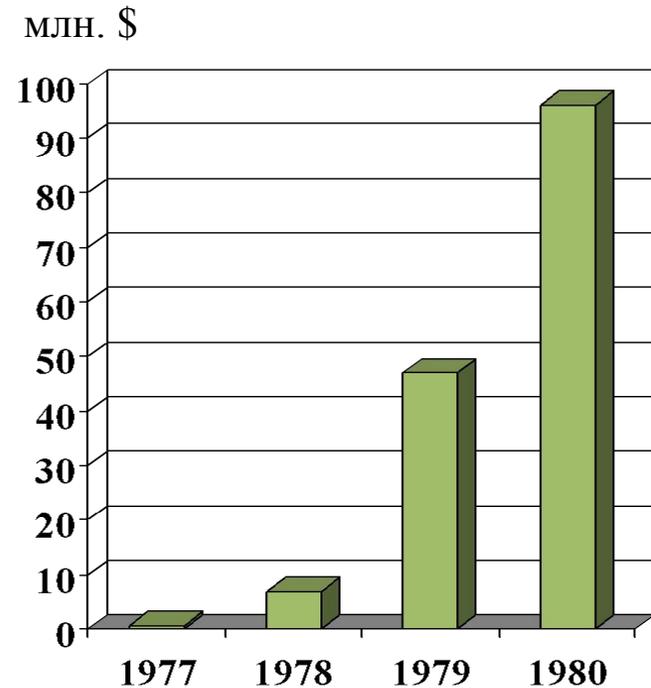
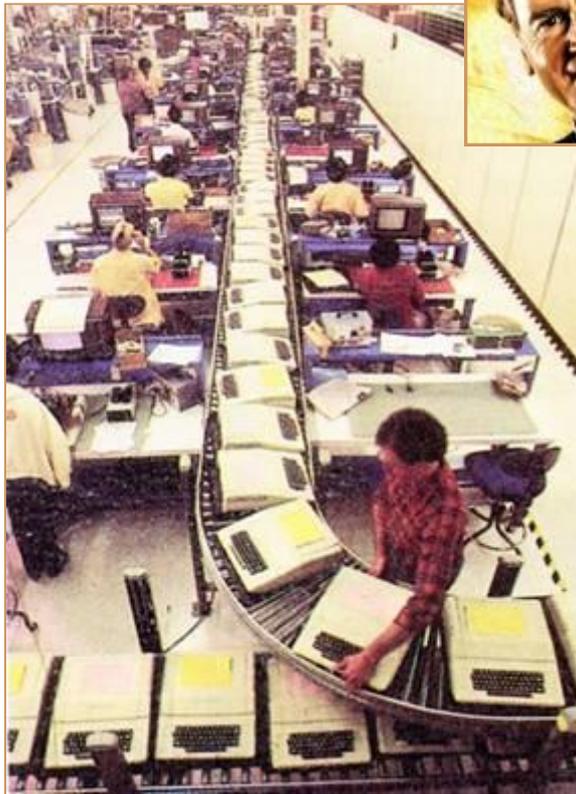
Микропроцессор MC6502, ОЗУ 4 Кб, ПЗУ 16 Кб, цена 1300 долл.

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Феномен Apple



Коммерческий директор  
Apple Джон Скалли  
(Sculley, John; р. 1939)



Рост доходов фирмы Apple в первые годы.

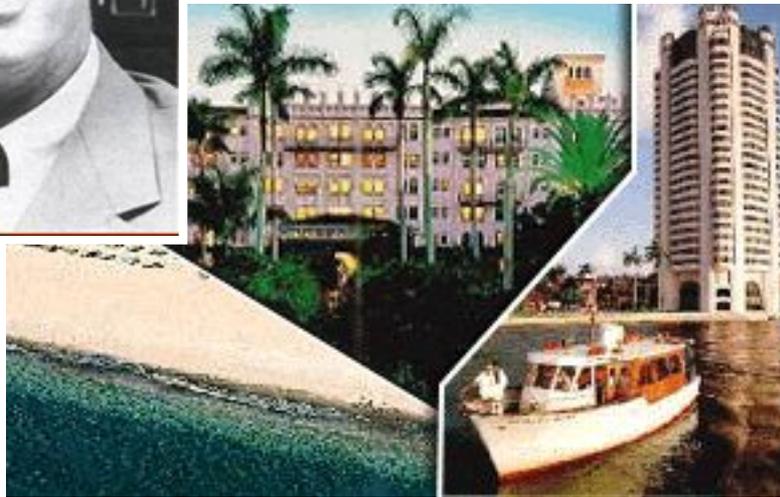
В 1983 г. доходы составили 983 млн. долларов

## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

В игру вступает IBM



Воса Ратон, штат Флорида. Здесь в обстановке глубокой секретности командой из 12 инженеров IBM под руководством Филиппа (Дона) Эстриджа (Estridge, Philip D. (Don); 1937-1985) создавался первый IBM PC



В августе 1981 г. фирма IBM вышла на рынок персональных компьютеров, создав 16-разрядный ПК второго поколения **IBM PC**.

Микропроцессор Intel 8088 4,77 МГц, ОЗУ 64 Кб, ПЗУ 40 Кб, флоппи-диск 5", цена 3000 долл.

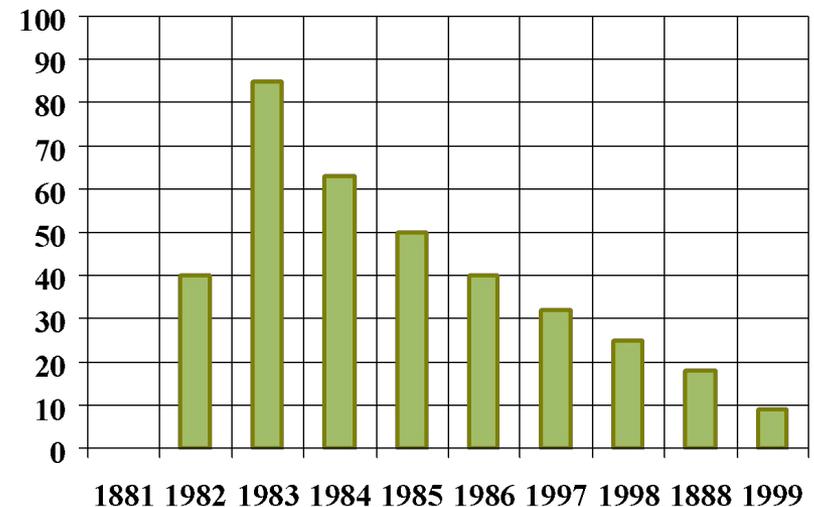
## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

Второе поколение ПК. Клоны IBM-совместимых ЭВМ



Первый портативный компьютер Compaq (1982 г.)  
С этого компьютера началось производство клонов IBM PC.  
i8088 4.77MHz, 128KB RAM,  
монохромный монитор 9", вес  
14 кг, цена 3000 долл.

Доля IBM на рынке  
персональных компьютеров



## 6.2. Появление и развитие персональных ЭВМ

### Второе поколение ПК. Клоны IBM-совместимых ЭВМ



#### Основные отличия IBM PS/2:

- новая шина MCA (Micro Channel Architecture);
- гибкие диски нового формата 3,5”;
- новый стандарт графического монитора;
- усовершенствованная технология печатных плат

Семейство персональных компьютеров IBM PS/2 (1987 г.) разрабатывалось с целью избавиться от конкуренции со стороны клонмейкеров

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Работы Дугласа Энгельбарта

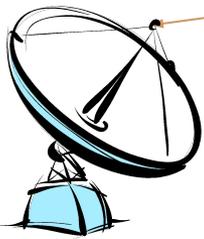


Работы по изучению проблем человеко-машинного интерфейса велись с конца 1950-х годов в [SRI \(Stanford Research Institute\)](#) под руководством Дугласа Энгельбарта (Engelbart, Douglas, p. 1925). В 1964 г. там была изобретена компьютерная мышь.

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Работы Дугласа Энгельбарта

90-минутный доклад Энгельбарта на конференции в Сан-Франциско осенью 1968 г. вошел в историю информатики. На нем состоялся мировой дебют мыши, интерактивной работы с текстом и телеобработки на расстоянии 65 км по СВЧ-радиолинии.



## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Проекты фирмы Xerox



В 1970 году корпорация Xerox организовала исследовательский центр **PARC (Palo Alto Research Centre)**, в котором сконцентрировала научные силы мирового класса.

Впоследствии здесь были изобретены лазерный принтер, Ethernet, растровый дисплей, графический пользовательский интерфейс, цифровая полиграфия, объектно-ориентированное программирование и др.

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Проекты фирмы Xerox

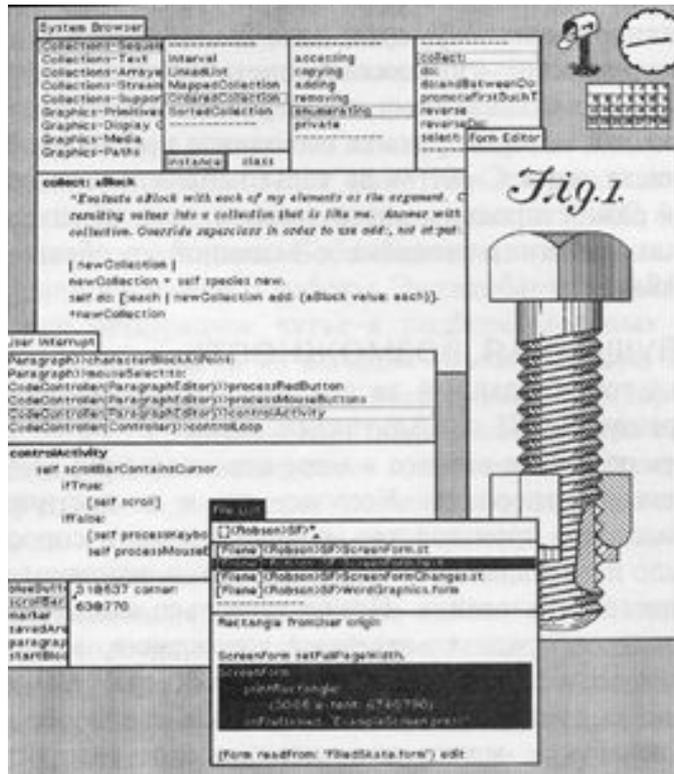


Алан Кей (Kay, Alan; р. 1940) –  
руководитель проекта Alto



Экспериментальный компьютер  
**Xerox Alto** (1973 г.) может  
считаться первым персональным  
компьютером

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса Проекты фирмы Xerox



Графический оконный интерфейс компьютера Alto отличался простотой и интуитивной понятностью.

В его тестировании принимали участие группы детей

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Проекты фирмы Xerox



Разработанный на основе Alto серийный компьютер **Star-8010** предназначался для офисов и был очень удобным для пользователя, так как на его экране моделировалась обстановка конторы с документами, картотечными ящиками, мусорной корзиной и т.п.

Однако его цена не опускалась ниже 16000 долларов и продажи были невелики. Постепенно весь проект создания дружелюбного компьютера в фирме Xerox пришел в упадок

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Apple берет реванш



Компьютер [Apple Lisa](#) (1983 г.) был разработан на основе идей, реализованных в проекте Xerox Star. ОЗУ 1 Мбайт, винчестер 5 Мбайт, цена \$10000. Всего было продано 15000 экз.

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Apple берет реванш

Коммерческая неудача проекта Lisa не обескуражила фирму, она решила отчаянно бороться с засильем IBM PC.

В январе 1984 г. в перерыве трансляции Суперкубка по американскому футболу был показан видеосюжет с рекламой нового компьютера фирмы Apple.

45-секундный клип стоил 1,6 млн. долл., кроме того фирма заплатила 500 тыс. долл. за минуту эфирного времени.

Клип был показан только один раз.

В 1995 году он был объявлен лучшим рекламным роликом за 50 лет телевидения

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Apple берет реванш



Сюжет ролика основан на ассоциациях со знаменитым романом-антиутопией Джорджа Оруэлла (Orwell, George) «1984 год» и одноименным фильмом. Роман был написан в 1948 году, он разоблачал тоталитаризм и единомыслие сталинского строя в СССР.

Бесконечная колонна одетых в серое безликих людей идет по подземному туннелю, увешанному телевизорами. Слышен звук шаркающих шагов.

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Apple берет реванш



Люди в сером заполняют огромный зал. Их лица лишены выражения, они напоминают маски. За кадром звучит голос оратора:

«...A garden of ideology where each one can bloom, secure from the pests of contradictory forces...»

«...Сад идеологии, где каждый может цвести, находясь в безопасности от чумы чуждых сил...»

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Apple берет реванш



Голос раздается с огромного компьютерного, экрана, занимающего всю стену зала. На экране лицо Большого Брата - диктатора, держащего народ в повиновении и навязывающего ему единый образ мышления:

«... We are one people...with one will. One resolve. One cause...»

«...Мы один народ, с одной волей. Одно решение. Одна причина...»

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Apple берет реванш



Но вот в зал врывается бегунья. Ее яркая внешность резко контрастирует с серой толпой, на груди эмблема фирмы Apple и рисунок клавиатуры. В руках у женщины молот на длинной рукоятке.

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Apple берет реванш



За бегуньей гонится стража в шлемах с оружием. Женщина пробегает через весь зал, раскручивает молот...

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Apple берет реванш



...и в то время, когда Большой Брат с пафосом произносит:  
«...but we will bury them with their own confusion... We Shall Prevail!» -  
«... но мы похороним их к их собственному стыду. Мы победим!»,  
с криком бросает молот в огромный экран монитора

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

Apple берет реванш



Экран взрывается, люди цепенеют от ужаса.

В кадр наползают строки рекламы, которую читает диктор.

Для просмотра клипа запустите файл `1984.apple_ad.mov`

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Apple берет реванш



Персональный компьютер [Apple Macintosh](#) (1984 г.) был сконструирован в виде моноблока, имел высококачественную графику, звук, сетевую карту, управлялся графической операционной системой MacOS. При цене \$2500 за первый же год было продано 250 000 экз.

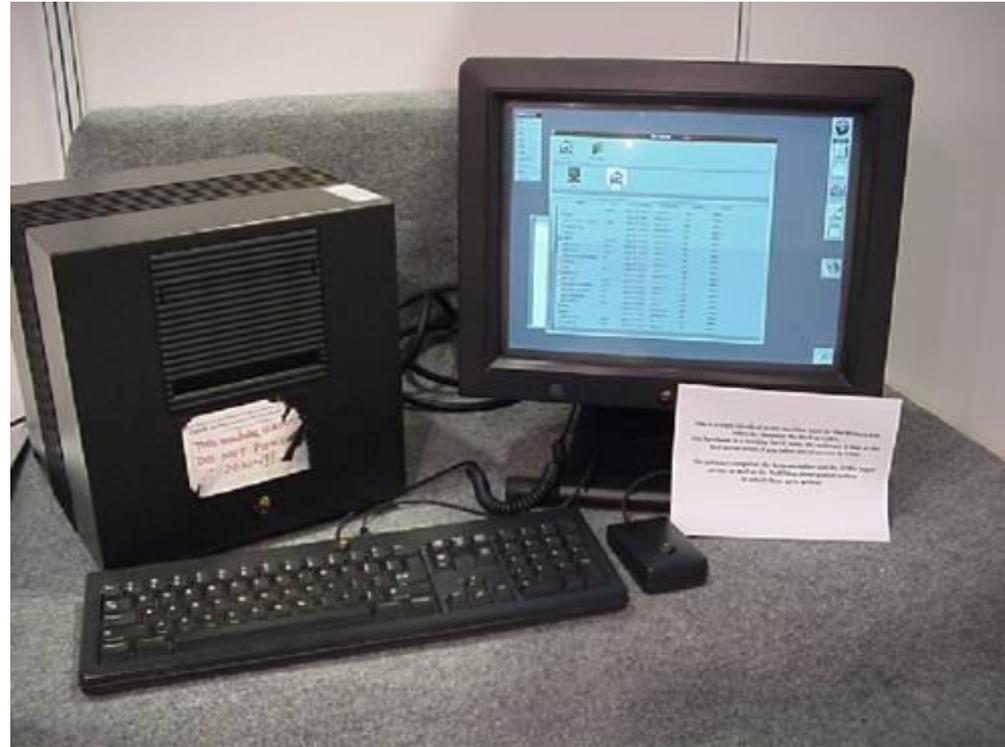
## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса

### Apple берет реванш



Благодаря коммерческому успеху Macintosh, фирма Apple вышла в 1984 г. на второе место по продаже ПК (1,8 млрд. долл.) после IBM (8 млрд. долл.). На фото: штаб-квартира компании в Купертино

## 6.3. Проблемы человеко-машинного интерфейса Apple берет реванш



В 1985 году, Стив Джобс, основатель Apple Computer, неожиданно покинул ее, создав новую компанию **NeXT Inc.**

В 1988 г. был выпущен оригинальный персональный компьютер **NeXT** в виде черного куба со стороной в один фут. Потерпев коммерческую неудачу, в 1996 г. Джобс вместе с NeXT Inc. вернулся в Apple

## 6. Направления развития вычислительной техники

Развитие элементной базы:

- уменьшение размеров элементов;
- увеличение тактовой частоты.

Совершенствование архитектуры:

- увеличение разрядности;
- движение в сторону RISC;
- усложнение архитектуры процессора;
- многопроцессорные конфигурации

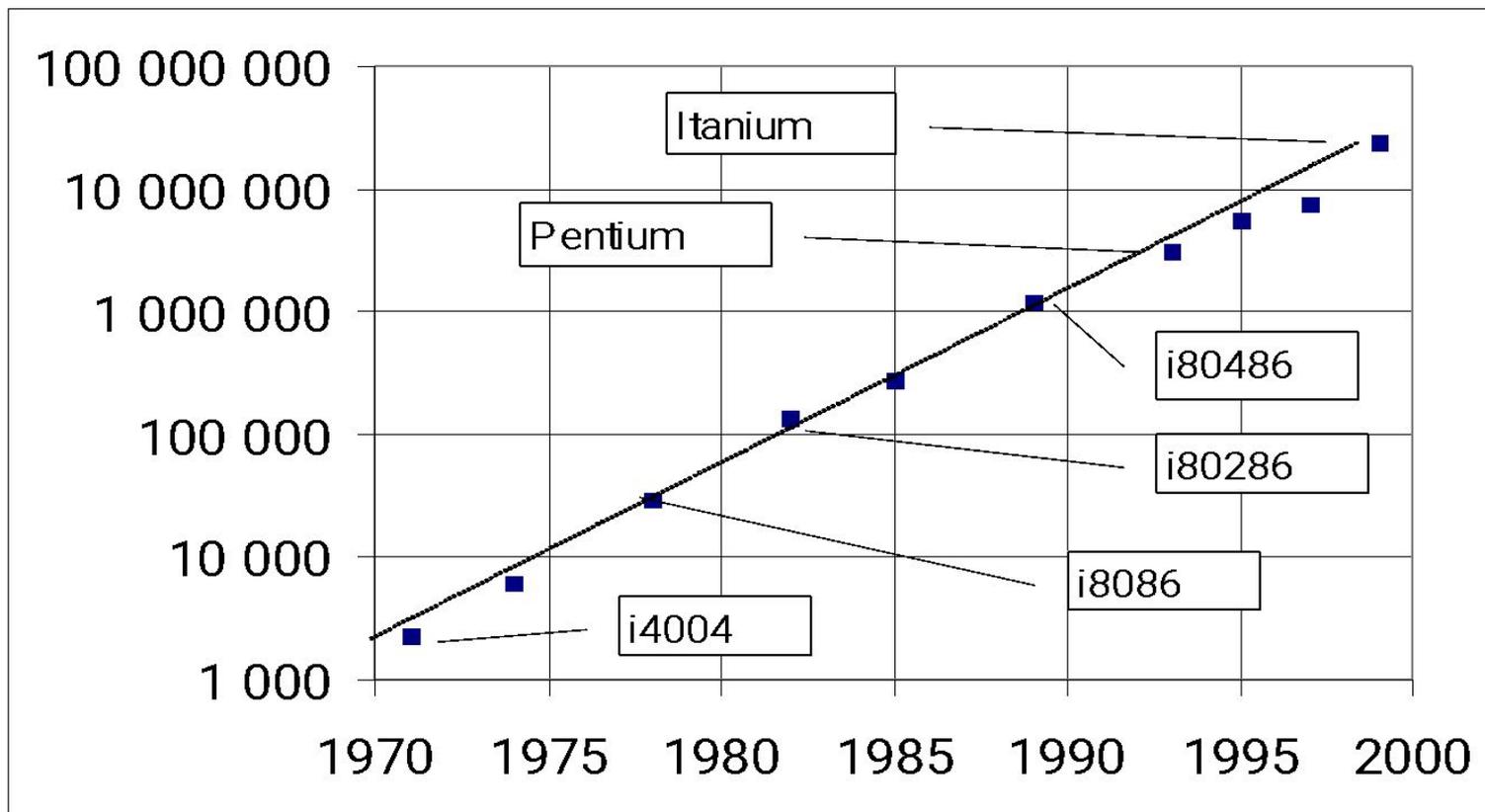
Направления развития процессоров

## 6. Направления развития вычислительной техники

Год выпуска	Процессор	Разрядность	Тактовая частота, МГц	Число транзисторов	Проектная норма, мкм
1978	i8086	16	5	29 тыс.	3
1982	i80286	16	6-12	134 тыс.	1,5
1985-1992	i80386	32	16-33	275 тыс.	1,5-1,0
1989-1994	i80486	32	25-100	1,2 млн.	1,0-0,6
1993-1997	P5 (Pentium)	32	60-233	3,1 млн.	0,8-0,35
1995-1997	P6 (Pentium Pro)	32	150-200	5,5 млн.	0,6-0,35
1997-1998	Pentium II	32	233-450	7,5 млн.	0,25-0,18
1998-2002	Celeron	32	266-2200	18,9 млн.	0,25-0,13
1999-2002	Pentium III	32	450-1200	28 млн.	0,18-0,13
2000-2002	Pentium 4	32	1400-3000	55 млн.	0,18-0,13
2001	Itanium	64	733-800	25 млн.	0,18
2002	Itanium 2	64	900-1000	220 млн.	0,18

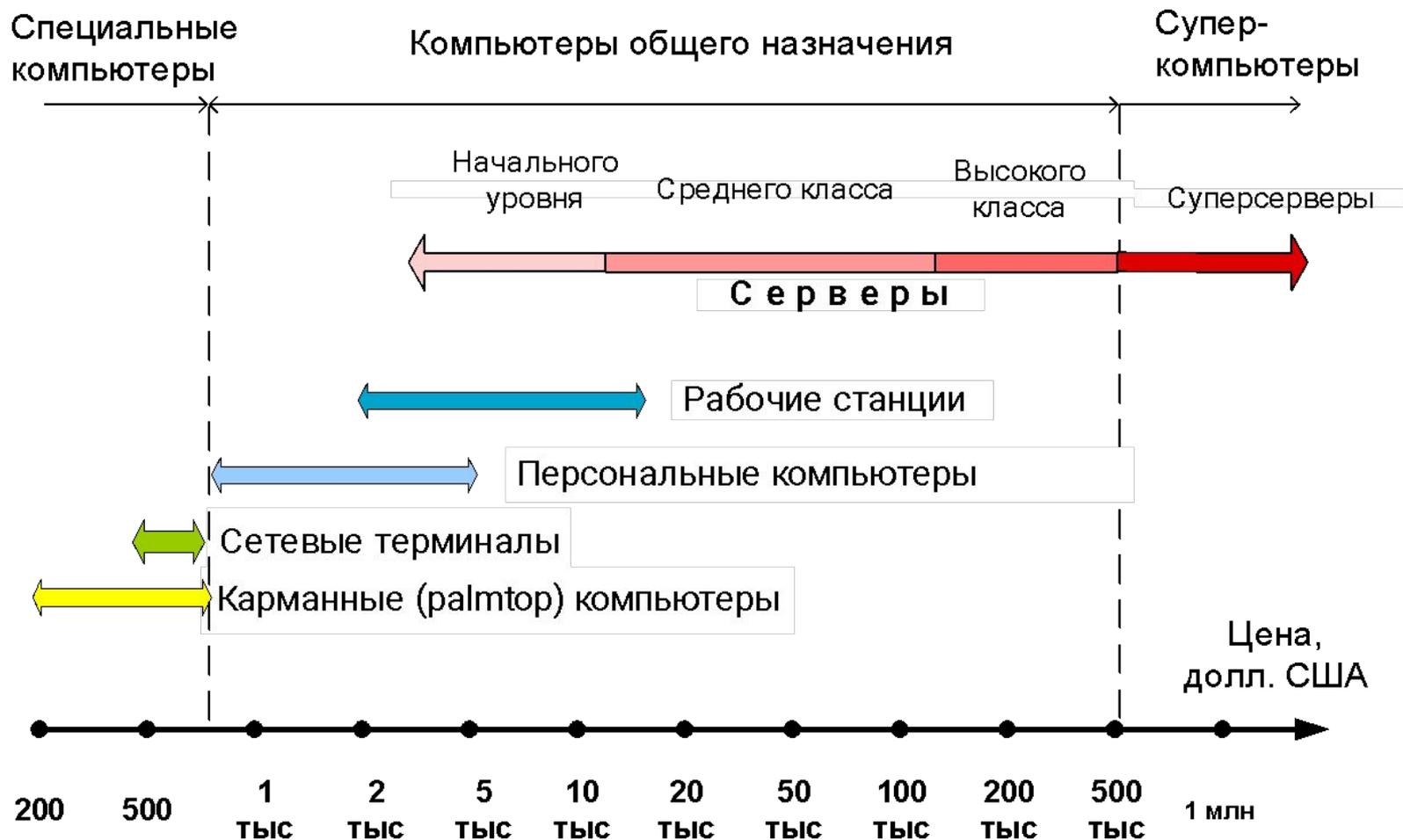
Эволюция микропроцессоров Intel

## 6. Направления развития вычислительной техники



Закон Мура (1968 г.): число элементов на чипе удваивается каждые 1,5 года

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы



Универсальным интегральным показателем отнесения компьютера к тому или иному сектору может служить его цена

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Суперкомпьютеры



С конца 1970-х до первой половины 1990-х годов лидерство на рынке суперкомпьютеров удерживала фирма **Cray**, но в конце концов она столкнулась с большими финансовыми проблемами и была куплена **Silicon Graphics Incorporated (SGI)**.

На фото: компьютер **Cray-1** (1976 г.)

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Суперкомпьютеры



Весной 1997 г. специально построенный для этого супер – компьютер **Deep Blue** фирмы IBM (высота 2 м, масса 1,4 т) со счетом 3,5:2,5 выиграл матч у чемпиона мира по шахматам Гарри Каспарова

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Суперкомпьютеры



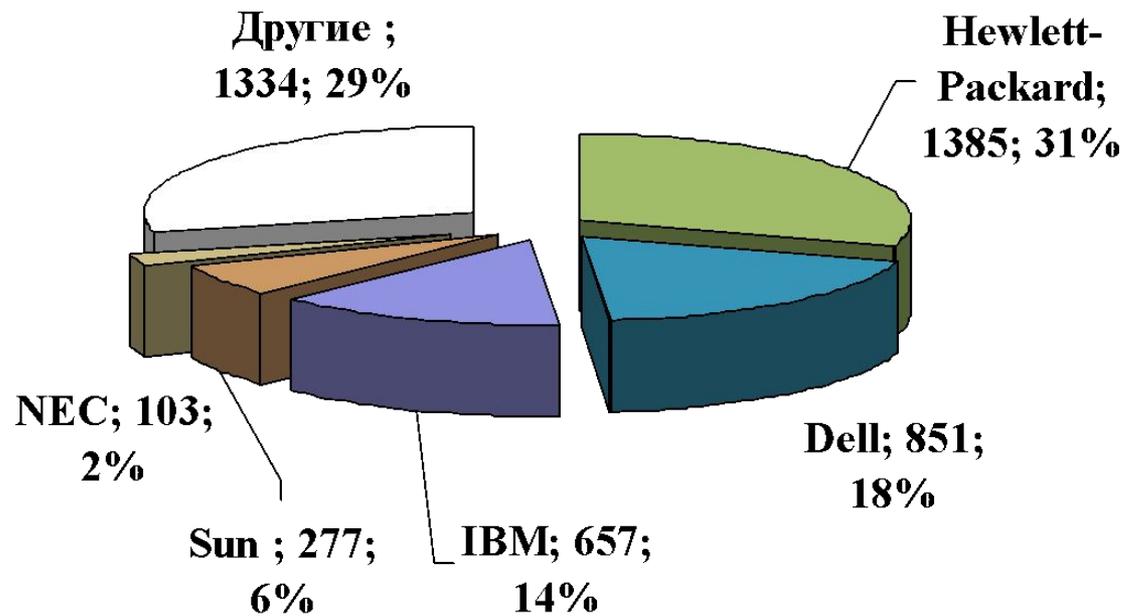
Рейтинг суперкомпьютеров Top-500 в 2002 г. возглавил **Earth Simulator**, построенный корпорацией NEC для Института наук о земле в городе Йокогама (Япония).

Earth Simulator состоит из 640 вычислительных модулей, каждый содержит 8 процессоров. Теоретический максимум производительности суперкомпьютера составляет 40 TFLOPS. Система имеет 10 Тбайт оперативной памяти.

Суперкомпьютер работает под управлением операционной системы Super-UX Unix, разработанной NEC.

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Серверы



Производство серверов в 2002 году (тыс. шт.)

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Серверы



Мэйнфрейм **IBM S/390** –  
продолжение линии  
S/360-370



Сервер **Superdome** фирмы  
Hewlett Packard

Серверы масштаба предприятия

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Серверы



Линия серверов IBM **AS/400** (современное название **iSeries**) явилась итогом эволюции мини-ЭВМ в исследовательском центре IBM в Рочестере, штат Миннесота. Впервые объявлена в 1988 г. В отличие от традиционных мини-ЭВМ, система AS/400 имеет революционную объектно-ориентированную архитектуру, не зависящую от конкретной системы команд процессора. В мире продано около миллиона машин этой серии

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Серверы



Компания Sun Microsystems была основана в 1982 году в стенах Стенфордского университета (**SUN — Stanford University Network**) Платформа **Sun SPARC** компании характеризуется большой масштабируемостью – от серверов масштаба предприятия до персональных рабочих станций

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

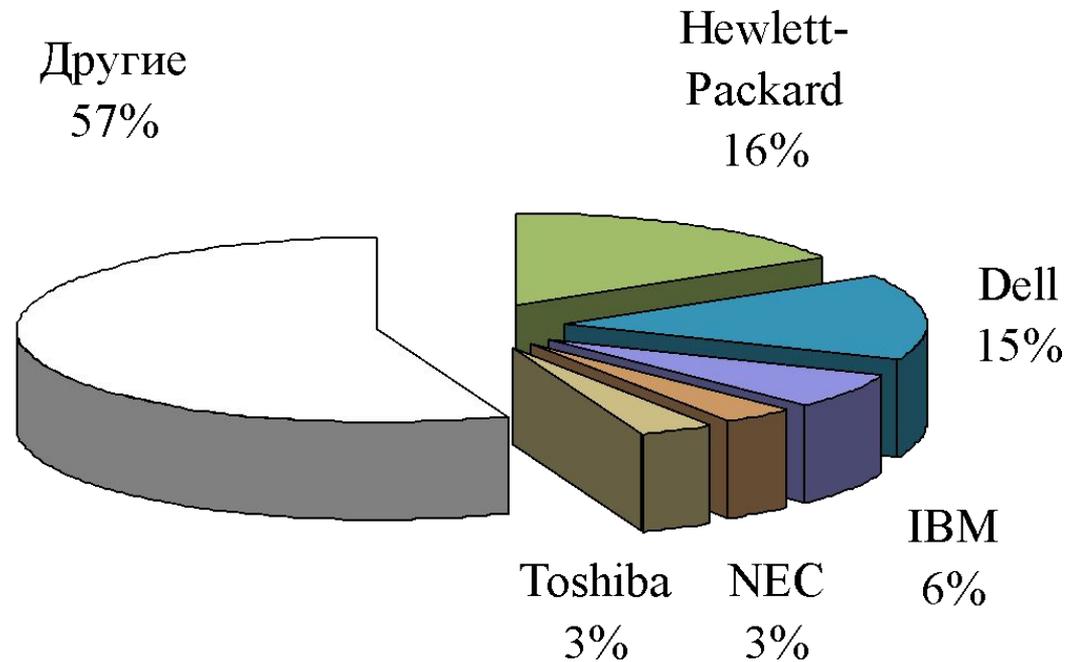
### Персональные компьютеры



В середине 2002 года произошло эпохальное событие в области информатики – был продан миллиардный персональный компьютер

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Персональные компьютеры



Всего в 2002 г. в мире было выпущено более 123 млн. персональных компьютеров, почти половина из них приходится на долю пяти крупнейших производителей

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Персональные компьютеры



MacBook Air



Настольные компьютеры Apple iMac (2001), MacBook Air (2012) отличаются оригинальным дизайном

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

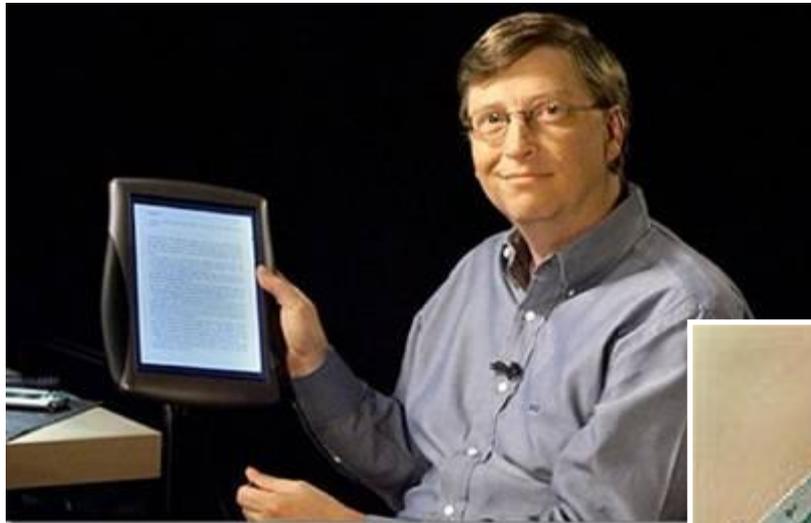
### Персональные компьютеры



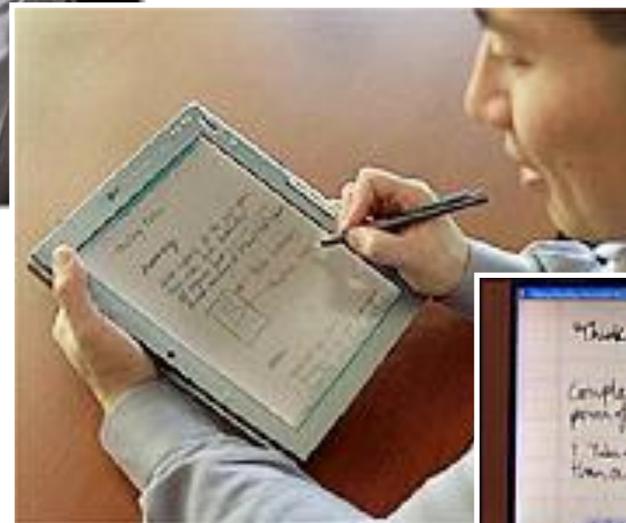
Портативные компьютеры (laptop, notebook)

## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

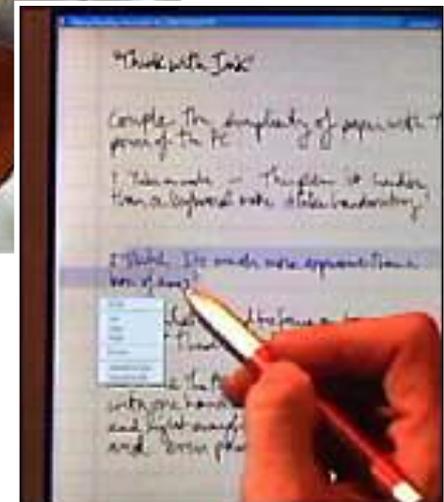
### Персональные компьютеры



В ноябре 2002 г. корпорация Microsoft объявила о начале продаж нового типа планшетных ПК – *Tablet PC*.



Компьютер размером с лист писчей бумаги толщиной 4-5 см и весом около 1 кг снабжен сен-сорным экраном высокого разрешения, позволяющим вводить рукописный текст



## 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

### Карманные компьютеры



Первым на рынок карманных ПК (КПК) вышел PDA (Personal Digital Assistant) Newton фирмы Apple (1993 г.), Но проект оказался неудачным



PDA Palm – законодатель мод в классе КПК



Коммуникатор – гибрид PDA с сотовым телефоном

# 7. Современный рынок ЭВМ и его секторы

## Карманные компьютеры



### iPhone 4 S

Двухъядерный процессор A5.  
Новая 8-Мп камера и оптика.  
iOS 5 и iCloud.

Это самый удивительный iPhone.

### iPad



### iPod touch

