

# **Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники**

---

**Факультет компьютерных систем и сетей  
кафедра ЭВМ**

**специальность 40 02 01**

**«Вычислительные машины, системы и сети»**

---

**Архитектура вычислительных машин и систем.**

**Микропроцессорные средства и системы**

---

**Доцент кафедры ЭВМ, к.т.н.**

**Прытков Валерий Александрович**

**а. 201 – 4**

# ***Микропроцессорные средства и системы***

---

***4 курс, 7 семестр  
экзамен***

***33 лекции (66 часов)***

***8 лабораторных работ (34 часа)***

***126 часов самостоятельной  
подготовки***

# ***Цель дисциплины***

---

- ***Изучение основ организации и функционирования различных типов микропроцессоров***
- ***Овладение методиками проектирования микропроцессорных систем***
- ***Программирование микропроцессорных систем***
- ***Освоение методов проектирования специализированных вычислительных систем***

## **Студент должен знать**

- **отдельные серии микропроцессоров и их отличительные особенности**
- **основы построения и функционирования различных типов микропроцессоров**
- **обобщенные схемы компонентов микропроцессорных систем (процессор, канал, подсистема прерываний, таймеры, контроллеры, контроллеры ввода вывода, память и т.д.)**
- **архитектуру и принципы построения ПО микропроцессорных систем**

## **Студент должен уметь**

---

- **разбираться в принципах построения и функционирования конкретных микропроцессоров**
- **синтезировать структуру микропроцессорной и/или мультипроцессорной системы для конкретной технической задачи**
- **разработать алгоритм функционирования и программное обеспечение для микропроцессорной и/или мультипроцессорной системы**

## Литература

- Морисита И. Аппаратные средства МикроЭВМ: Пер. с япон. М.: Мир, 1988.
- Щелкунов Н.Н., Дианов А.П. Микропроцессорные средства и системы. М.: Радио и связь, 1990.
- Фрир Дж. Построение вычислительных систем на базе перспективных микропроцессоров : Пер. с англ. М.: Мир, 1990.
- Фридмен М., Ивенс Л. Проектирование систем с Микрокомпьютерами: Пер с англ. М.: Мир, 1986.
- «Микропроцессоры» кн.1, кн.2, кн.3. Под ред. Преснухин. Минск, Высшая школа, 1987.

## Литература

- **Клингман Э. Проектирование микропроцессорных систем: Пер. с англ. М.: Мир, 1980.**
- **Шпаковский Г.И. Организация параллельных ЭВМ и супер скалярных процессоров: Учебное пособие. Мн.: Белгосуниверсит, 1996.**
- **Скорик В.Н. и др. Мультимикропроцессорные системы // К.: «Техника», 1989.**
- **Микропроцессорные системы. П.о.р. Пузанкова Д.В. СПб.: Политехника, 2002.**
- **Предко М. Руководство по микроконтроллерам. Т. 1 и 2. М.: Постмаркет, 2001.**

## Отладочные модули:

- ***MSP\_EXP430F5529*** на базе 16-ти разрядного микроконтроллера ***MSP430F5529***
- ***На базе 16-ти разрядного специализированного микропроцессора TMS320VC5510***

## Среды разработки ПО:

- ***Code Composer Studio*** для 16-ти разрядных микропроцессоров компании ***Texas Instruments***



- **Петровский А.А.**  
**Микропроцессорные средства и системы: Лаб. практикум по для студ. спец. I-40 02 01**  
**«Вычислительные машины, системы и сети» всех форм обуч. – Мн.: БГУИР, 2006. – 51 с.**
- **Электронный учебно-методический комплекс по курсу «Микропроцессорные средства и системы» для всех форм обучения по специальности I-40 02 01.**

## Документация

- **Гук И. Краткий обзор отладочной среды Code Composer Studio 4. – Компоненты и технологии, №12, 2009. – с. 90-96**
- **Code Composer Studio. Getting Started Guide. – TI, Lit. Num. SPRU509C, 2001. – 131 p.**
- **Code Composer Studio v5.4. User's Guide for MSP430. – TI, Lit. Num. SLAU157Y, 2005. – Rev. 2013. – 52 p.**
- **Code Composer Studio v6.0 for MSP430. User's Guide. – TI, Lit. Num. SLAU157AE, 2005. – Rev. 2014. – 69 p.**
- **MSP430 Optimizing C/C++ Compiler v4.1. User's Guide. - TI, Lit. Num. SLAU 132G, 2012. - 155 p.**
- **MSP430 Assembly Language Tools v4.1. User's Guide. - TI, Lit. Num. SLAU131G, 2012. - 284 p.**

## Документация

- ***S. Schauer. Mixing C and Assembler With the MSP430. - TI, Lit. Num. SLAA140, 2002. - 21 p.***
- ***Grace for Code Composer Studio IDE. Getting Started Guide. – TI, Lit. Num. SLAU476, 2012. – 17 p.***
- ***TI-RTOS 2.00. User's Guide. - Texas Instruments, Lit. Num. SPRUHD4F, 2014. – 122 p.***
- ***TI-RTOS 2.00 for MSP430. Getting Started Guide. - Texas Instruments, Lit. Num. SPRUHU4, 2014. – 44 p.***
- ***System Analyzer. User's Guide. - Texas Instruments, Lit. Num. SPRUH43F, 2014. – 135 p***

## Документация

- ***MSP-EXP430F5529 Experimenter Board. User Guide. - TI, Lit. Num. SLAU330A, 2011. - 36 p.***
- ***MSP430x5xx and MSP430x6xx Family. Users Guide.- TI, Lit. Num. SLAU208O, 2008. - Rev. 2015. - 1191 p.***
- ***MSP430F5529, MSP430F5528, MSP430F5527, MSP430F5526, MSP430F5525, MSP430F5524, MSP430F5522, MSP430F5521, MSP430F5519, MSP430F5517, MSP430F5515, MSP430F5514, MSP430F5513. Mixed Signal Microcontroller. - TI, Lit. Num. SLAS590L, 2009. - Rev. 2013. - 122 p.***

## Документация

- **Гук И. Краткий обзор микроконтроллеров семейства MSP430 компании Texas Instruments. - Компоненты и технологии, №6, 2006.**
- **Семейство микроконтроллеров MSP430x2xx. Архитектура. Программирование. Разработка приложений. - М.: ИД «Додэка-XXI», 2010. - 544 с.**
- **Семейство микроконтроллеров MSP430x4xx. Руководство пользователя. - М.: ЗАО «Компэл», 2005. - 416 с**
- **Семейство микроконтроллеров MSP430. Рекомендации по применению. - М.: ЗАО «Компэл», 2005. - 544 с.**
- **MSP430F5529 Device Erratasheet. - TI, Lit. Num. SLAZ314I, 2012. - Rev. 2013. - 35 p.**

## Документация

- ***V. Chan, S. Underwood. MSP430 Capacitive Single-Touch Sensor Design Guide. - TI, Lit. Num. SLAA379, 2008. - 19 p.***
- ***Capacitive Touch Software Library. - TI, Lit. Num. SLAA490B, 2011. - Rev. 2013. - 63 p.***
- ***Understanding Data Converters. - TI, Lit. Num. SLAA013, 1995. - 22 p.***
- ***Greval H. Oversampling the ADC12 for Higher Resolution. - TI, Lit. Num. SLAA323, 2006. - 8 p.***
- ***Lutz Bierl. Economic Measurement Techniques with Comparator\_A Module. - TI, Lit. Num. SLAA071, 1999. - 30 p.***

## *Документация*

- *DOGS Graphic Series 102x64 Dots. - Electronic Assembly, 2009. - 8 p.*
- *UC1701x. 65x132 STN Controller-Driver. MP Specifications. - UltraChip, 2008, Rev. 1.0. - 48 p.*
- *CMA3000-D0X Series 3-Axis Accelerometer. Product Family Specification. - Murata Electronics, Doc. № 8281000A.05, 2012. - Rev. A.05 - 35 p.*
- *SPI and I2C Communication with CMA3000-D01 Using MSP430 Ultra Low-Power Microcontroller. - Murata Electronics, TN80. - Rev.0.4. - 14 p.*

## Документация

---

- **Пушкарев О. Применение ММС-карт в микроконтроллерных системах // Современная электроника. - №1. - 2006. - с.46-49**
- **SanDisk MultiMediaCard and Reduced-Size MultiMediaCard. Product Manual. - SanDisk Corporation. - Doc. No 80-36-00320, 2004. - Ver.1.0 – 93 p.**



- **5 баллов по лабораторным работам**
- **5 ЛР обязательны для допуска к экзамену = 2,5 балла**
- **Еще 2 работы (6,7) — только после выполнения первых 5 = 2,5 балла**
- **5 баллов на контрольных работах и творческих задачах**
- **Весовой коэффициент задания будет указан при его выдаче**
- **Автомат получают те, кто набрал не менее 8 баллов**

- **Сумма более 4 баллов округляется по математическим правилам**
- **Те, кто набрал от 4 до 8 баллов — это заходная оценка на экзамене**
- **Экзамен — максимум 4 балла (4 вопроса по 1 баллу):**
- **+1 — полный и верный ответ на вопрос**
- **Без изменений — частичный ответ**
- **-1 — неверный ответ или его отсутствие**

- *Те, кто набрал менее 4 баллов — заходной оценки нет. Требуется идеальный ответ на экзамене для получения 4*
- *Автоматчики могут приходить на экзамен на общих условиях*

## Определения

- **Процессор** - центральное устройство (или комплекс устройств) ЭВМ или вычислительной системы, которое выполняет арифметические и логические операции, управляет вычислительным процессом и координирует работу периферийных устройств системы
- **Микропроцессор** - это функционально-завершенное универсальное программно-управляемое устройство цифровой обработки данных, выполненное в виде одной или нескольких микропроцессорных БИС

## Определения

- **Микропроцессорная БИС** - интегральная микросхема, выполняющая функцию МП или его части (БИС с процессорной организацией, разработанная для построения микропроцессорных систем)
- **Микропроцессорный комплект (МПК)** - совокупность микропроцессорных и других интегральных микросхем, совместимых по конструктивно-технологическому исполнению и предназначенных для совместного применения при построении МП, микро-ЭВМ и других средств вычислительной техники

## Определения

- **Микро-ЭВМ** - это вычислительная или управляющая система, выполненная на основе одного или нескольких МП содержащая БИС постоянной и оперативной памяти, БИС управления вводом и выводом информации и оснащенная необходимым периферийным оборудованием (дисплей, печатающее устройство, накопители на МД и т. п.)
- **Контроллер** - это микро-ЭВМ с небольшими вычислительными ресурсами, обедненной периферией и упрощенной системой команд, ориентированная не на производство вычислений, а на выполнение процедур логического управления различным оборудованием

- **Микроконтроллер** - это микропроцессорное устройство ориентированное не на производство вычислений, а на реализацию заданной функции управления
- **Микропроцессорная система** (МП-система) - специализированная информационная или управляющая система, построенная на основе микропроцессорных средств, т. е. набора микропроцессорных схем

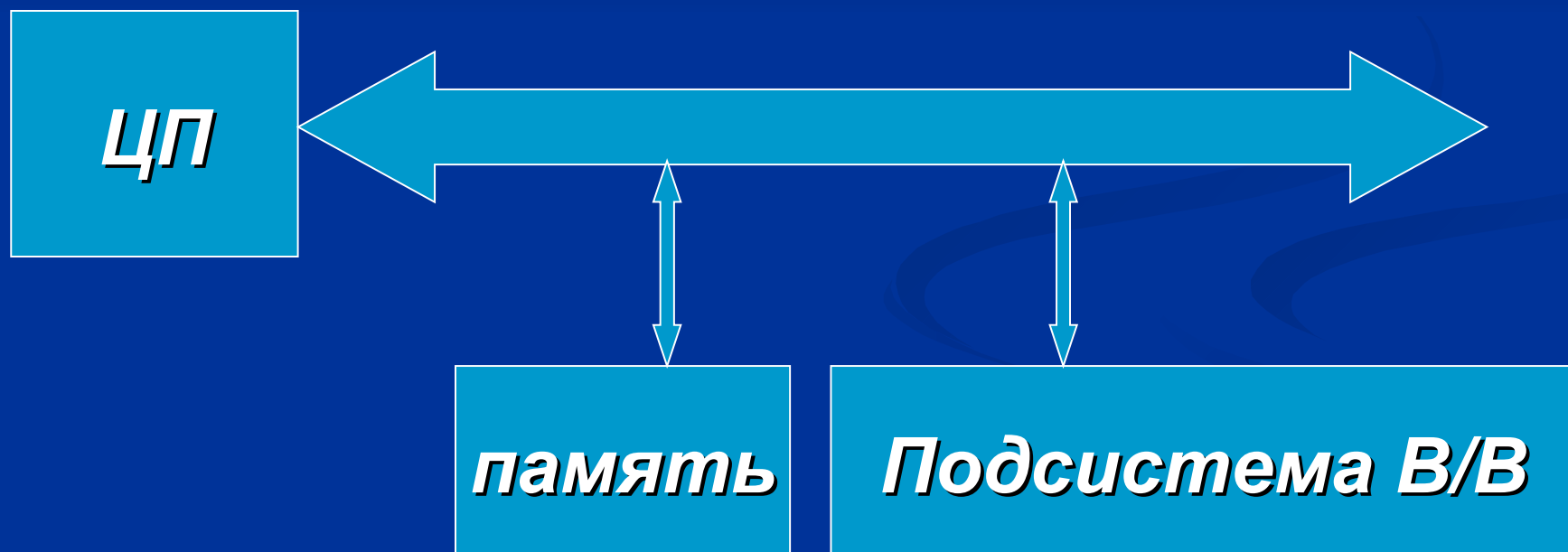
## **Области применения МПС**

---

- **Встроенные системы контроля и управления**
- **Системы сбора и обработки данных**
- **Распределенные системы управления сложными объектами**
- **Распределенные высокопроизводительные системы параллельных вычислений**



**Однокристалльная**  
**Одноплатная**  
**Многоплатная**



- **Спроектированы для выполнения высокоскоростных, повторяющихся задач с большим объемом числовых расчетов**
- **Поточный характер обработки больших массивов данных в реальном масштабе времени**
- **Ряд специализированных устройств на кристалле, например, ЦАП и АЦП**

## ■ **Сильная специализация аппаратуры:**

- **система команд типа RISC**
- **конвейеризация на уровне микрокоманд и команд**
- **использование теневых регистров для сохранения состояния при переключении контекста**
- **размещение операндов большинства команд в регистрах**
- **разделение памяти и шин команд и данных**
- **выполнение умножения со сложением за один командный такт**

## Процессор ЦОС (DSP)

- **Классические ПЦОС предназначены для выполнения операций спектрального анализа, выделения сигнала на фоне шума, распознавания сигналов и др.**
- **Медиа-процессоры предназначены для потоковой обработки изображений и звука (представление видеоконференций, сжатие изображений, видеомонтаж, обработка образов, визуализация, реализация трехмерной графики, анимация, реалистичное моделирование, шифрование данных, распознавание речи, широкополосная связь)<sup>38</sup>**

# Медиа-процессор

- **Алгоритмы хорошо распараллелены, исполняются в реальном масштабе времени**
- **одновременно могут выполняться несколько независимых операций, что позволяет использовать параллельные ветви в мультипроцессорной системе**
- **Приложения обычно состоят из небольших циклов, выполнение которых занимает значительную долю процессорного времени**
- **Используемые в таких циклах команды и ссылки сильно концентрированы и имеют хорошую пространственную и временную локализацию**
- **Требуется высокая скорость обмена с памятью**

- **Универсальные микроконтроллеры**
  - ***MSP430, C2000 (Texas Instruments)***
  - ***MCS (Intel)***
  - ***PIC (MicroChip)***
  - ***AVR (Atmel)***
  - ***68HC (Motorola)***
  - ***ARM Core (Atmel, Texas Instruments, Toshiba, Analog Devices)***

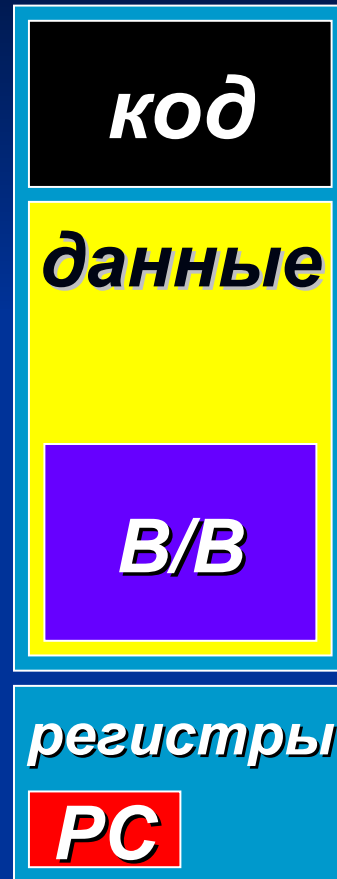
- **Процессоры ЦОС**
  - ***TMS320, C5000, C6000 (Texas Instruments)***
  - ***ADSP2106, ADSP2181 (Analog Devices)***
  - ***DSP560, DSP9600 (Motorola)***
  - ***21, 210 (Analog Devices)***
  - ***I960 (Intel)***

- **Медиа-процессоры**
  - ***SMP (Sigma Designs)***
  - ***Media CE3100, Atom CE4100 (Intel)***
  - ***RTD1073 (Realtek)***
  - ***Trimedia (Philips)***
  - ***MediaGX (Cyrix)***

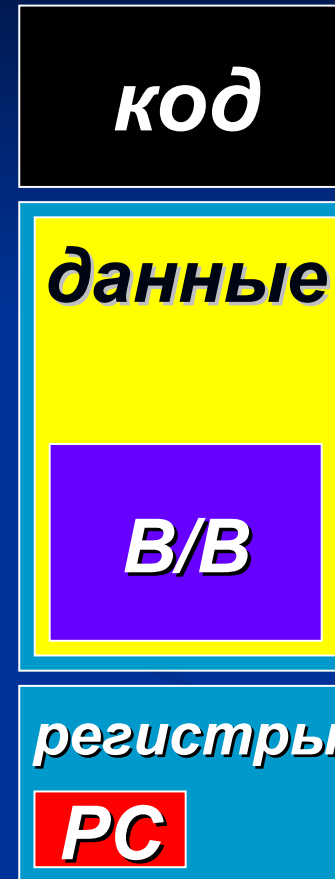


# Классификация: архитектуры МПС

## Принстонская



## Гарвардская



Совмещенное адресное  
пространство в/в и  
памяти

## *Классификация: организация памяти*

### *Организация оперативной памяти МПС:*

- *Локальная*
- *Общая*
- *Локальная основная + общая вспомогательная*

### *Тип внутренней связи в МПС:*

- *Магистральная (шинная)*
- *Матричная*
- *Иерархическая*

# Классификация Флинна: способ организации вычислительного процесса

## Поток команд

Одиночный

Множественный

ОКОД  
SISD

МКОД  
MISD

ОКМД  
SIMD

МКМД  
MIMD

Поток данных

Одиночный

Множественный

# ***Классификация МПС класса МКМД***

---

## ***Типы по способу организации процесса вычислений***

- ***Управление от потока команд***
  - ***Команды выполняются по ходу расположения в программе***
- ***Управление от потока данных***
  - ***Команды выполняются, если все исходные данные готовы***
  - ***Команды могут выполняться параллельно (естественный параллелизм)***

# **Управление от потока команд vs управление от потока данных**

---

## **От потока команд**

- **Последовательное выполнение (program counter - PC)**
- **Перезапись глобальных переменных**
- **Централизованное управления**

## **От потока данных**

- **Параллельность выполнения команд с готовыми операндами**
- **Последовательно выполняются зависимые команды**
- **Нет перезаписи глобальных переменных**
- **Децентрализация управления**

# *Классификация МПС класса МКМД*

---

## *Типы по способу организации процесса вычислений*

- *Управление от потока запросов*
  - *Команда выполняется в тот момент, когда ее результат оказывается нужен кому-то другому*
  - *Команды могут выполняться параллельно*

# *Управление потоком запросов*

---

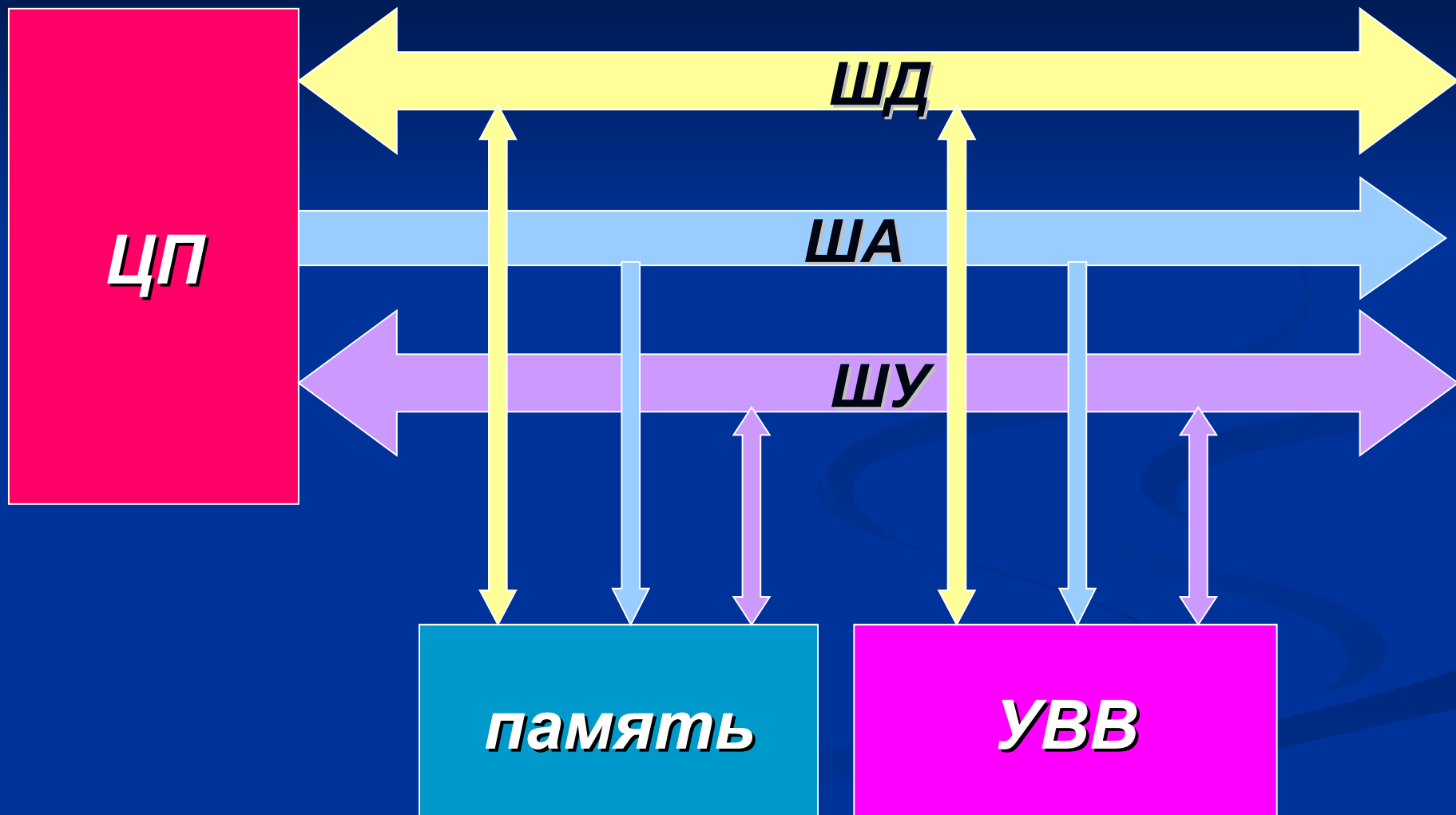
## *Достоинства*

- *Задача анализируется по мере необходимости*
- *Не анализируются лишние фрагменты*
- *Задача реализуется с верхнего уровня*

## *Недостатки*

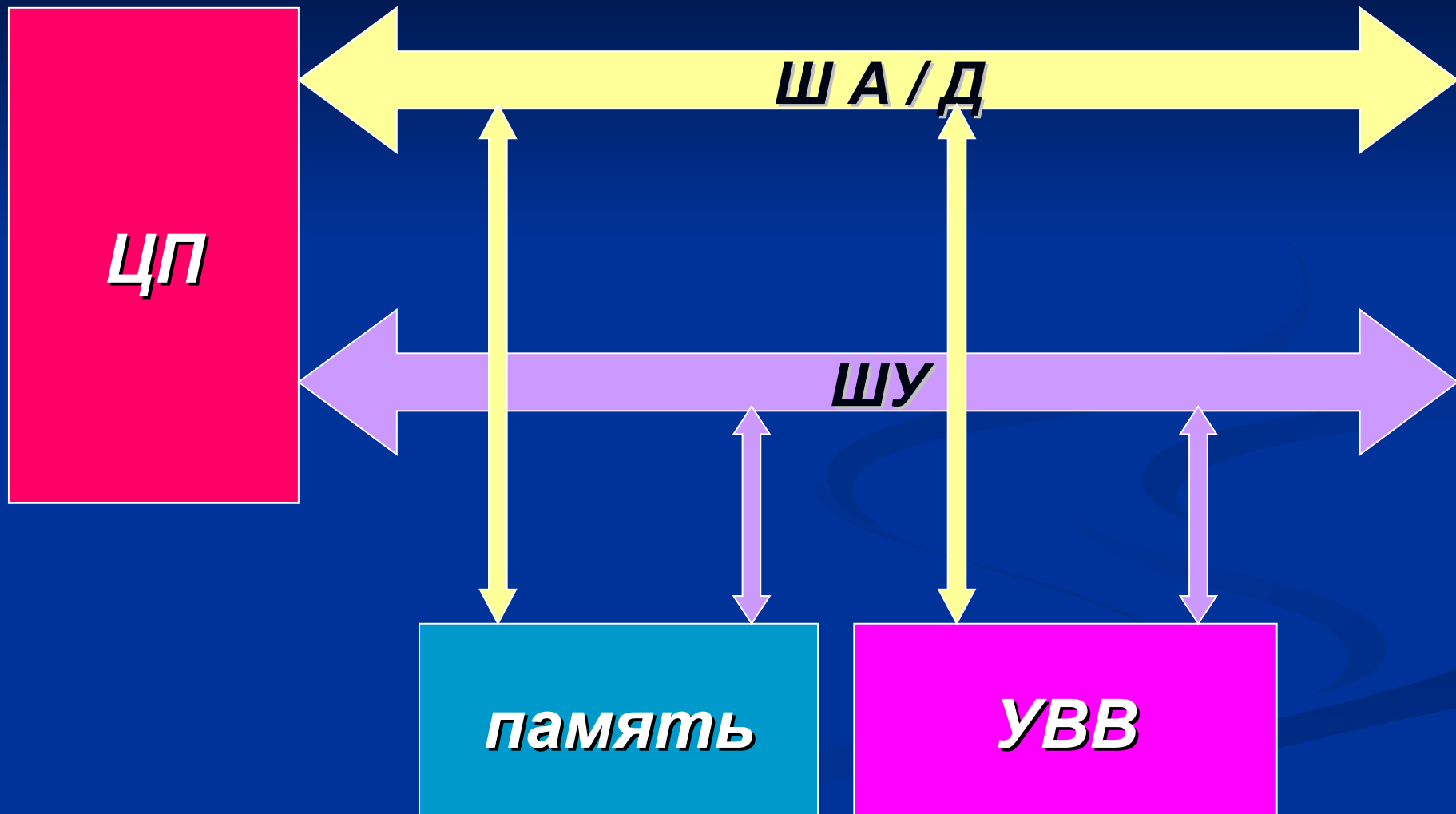
- *Реализация с запаздыванием*

# Шинная организация





# Шинная организация



# Кратко об истории

## ■ Наиболее значимые изменения в архитектуре:

- *Индексные регистры. 1949, ЭВМ Манчестерского университета*
- *Данные в формате с плавающей точкой. 1954, ЭВМ NORC и 704 (IBM)*
- *Программные прерывания. 1954, Univac 1103*
- *Регистры общего назначения. 1956, ЭВМ Pegasus*
- *Косвенная адресация. 1958, ЭВМ 709 (IBM)*
- *Асинхронный ввод-вывод, 1958, ЭВМ 709 (IBM)*
- *Виртуальная память, 1959, Atlas Манчестерского университета*
- *Мультипроцессорная обработка, конец 50-х, ряд ЭВМ*

# Музей компьютеров, Германия, г. Падеборн









Dielectric materials are used in the construction of the rotor machine. The dielectric material is used to insulate the rotors from the ground. The dielectric material is also used to insulate the rotors from each other. The dielectric material is used to insulate the rotors from the ground. The dielectric material is also used to insulate the rotors from each other.



Diagram of the rotor machine showing the internal components and the arrangement of the rotors.



Rechenmaschine von  
Helfrich Müller

Helfrich Müller (1704 - 1770), Darmstadt, 1784

1784 begann sich Johann Helfrich Müller  
mit der Konstruktion  
einer Rechenmaschine zu beschäftigen.  
Im Juni 1784 arbeiteten verschiedene Uhrmacher  
Müllers Anleitung am Bau der Maschine.

Die Maschine ähnelt vom Aufbau  
den Rechenmaschinen des Pfarrers Philipp Matthäus Hahn  
und verwendet ebenfalls Stäbchen als Schaltergelenke.

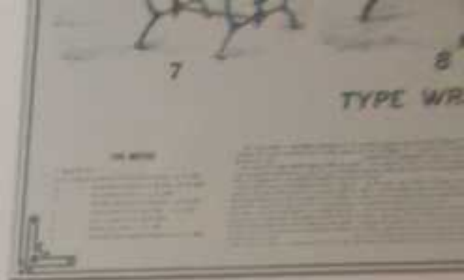
Quelle: Original im Hessischen Landesmuseum Darmstadt



Orlais		1831
Berry		1836
Gonod	Frankreich	1827
Conti	Italien	1823
Progin	Frankreich	1833
Bain	Großbritannien	1840
Hansen	Dänemark	1870



Peter Mitterhoffer (1823 - 1893)



Wien, Modell Peter Mitterhoffers, 1866



Wien, Modell Peter Mitterhoffers, 1867 - 1869

Schreibmaschine  
des Peter Mitterhoffer, Modell 1

Österreich, Erfindung von Peter  
Mitterhoffer 1867

Zur Bauweise siehe die Bauanleitung.

von Peter Mitterhoffer





Instructional and reference material for the Millionaire calculator, including diagrams, tables, and text in German.

**Diagram 1:** A schematic diagram of the calculator's internal mechanism, showing the arrangement of the wheels and the flow of numbers.

**Table 1:** A table of numbers, likely a multiplication or division table, with columns labeled 1 through 9.

**Table 2:** A table of numbers, likely a multiplication or division table, with columns labeled 1 through 9.

**Text:** German text providing instructions and rules for using the calculator, including sections for Addition, Subtraction, Multiplication, and Division.









# ***Вычислительная машина IBM***



# Вычислительная машина серии ЕС





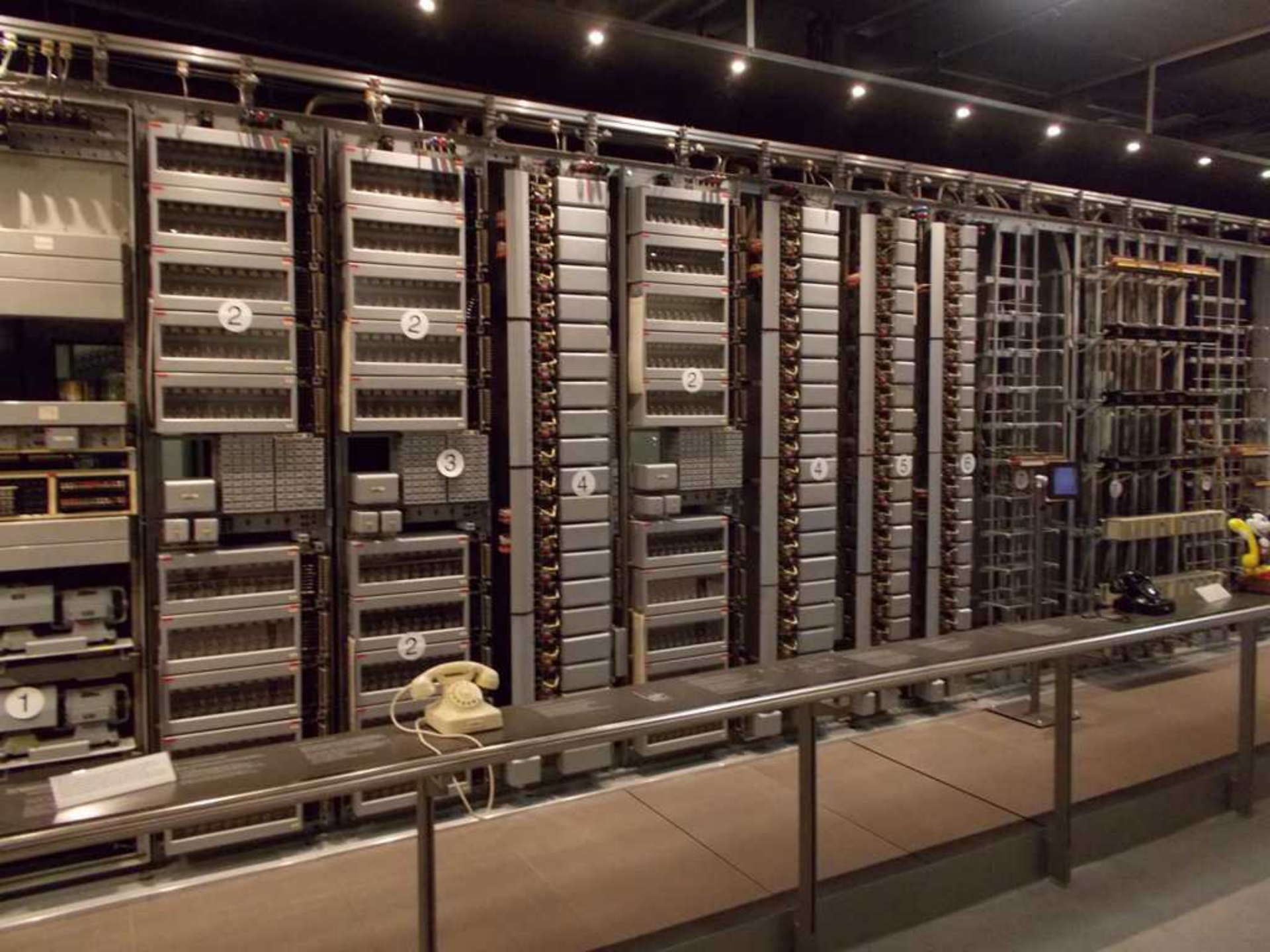
EC 5002.03 M

4Dφ

382 482

381 481



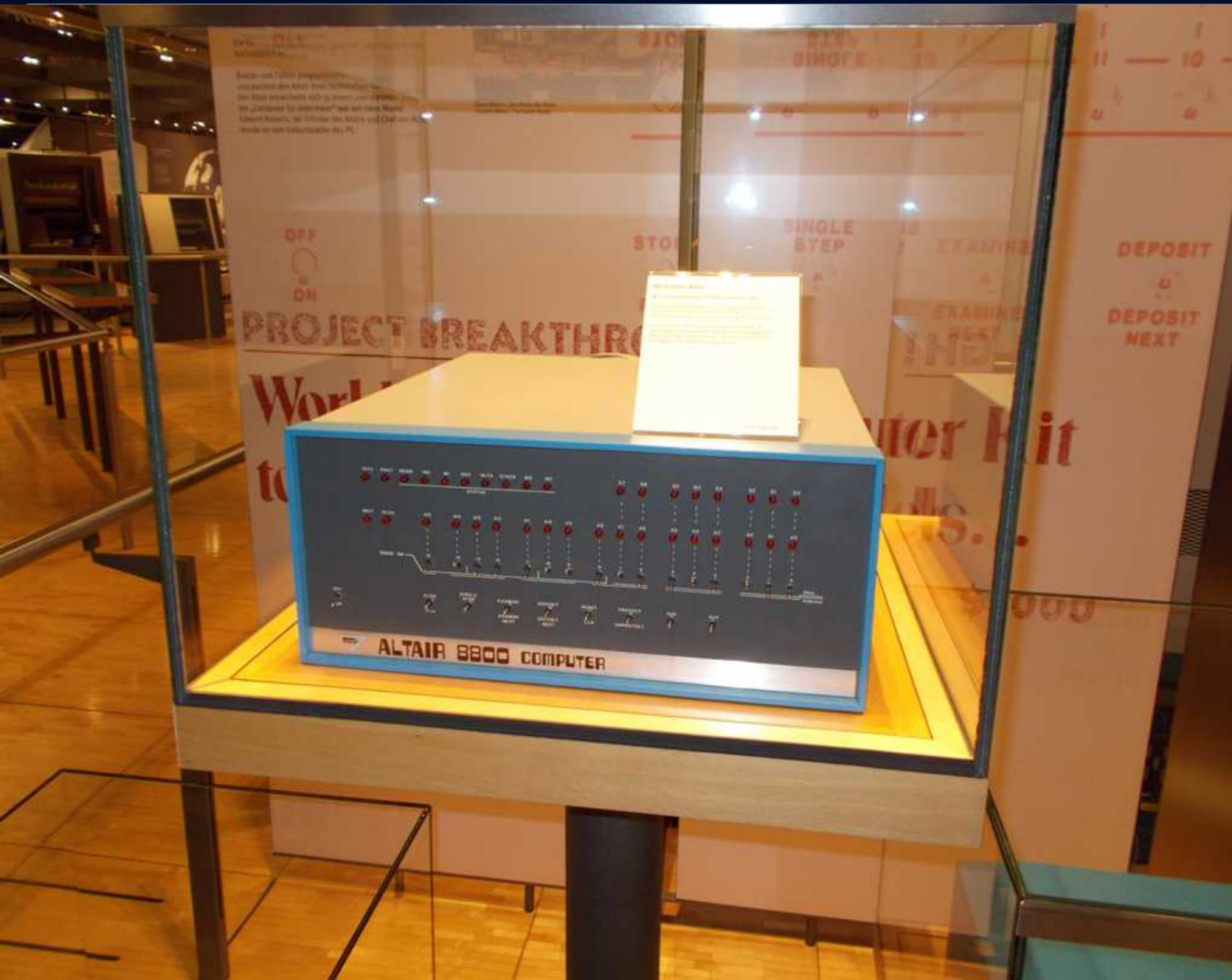


# 1973, Xerox Alto





# 1975, MITS Altair 8800



# 1976, Apple I





# 1966/67, первый в мире калькулятор TI



# 1980, IBM PC 3130



**IBM PC 3130**  
Internationales Business Machines Corp., Armonk, 1980  
Der IBM PC 3130 ist ein 16-Bit-Computer, der im Jahr 1980 eingeführt wurde. Er ist ein Desktop-Computer, der für die Verwendung in kleinen Unternehmen und für die Bildung entwickelt wurde. Der PC 3130 ist ein 16-Bit-Computer, der im Jahr 1980 eingeführt wurde. Er ist ein Desktop-Computer, der für die Verwendung in kleinen Unternehmen und für die Bildung entwickelt wurde. Der PC 3130 ist ein 16-Bit-Computer, der im Jahr 1980 eingeführt wurde. Er ist ein Desktop-Computer, der für die Verwendung in kleinen Unternehmen und für die Bildung entwickelt wurde.



