



# RAČUNALNIŠKA ARHITEKTURA

## 2 Razvoj strojev za računanje

# Razvoj strojev in drugih pripomočkov za računanje lahko kronološko razvrstimo v skupine:

- I. Obdobje mehanike od približno leta 1600 →
  - Babbage: Analitični stroj
- II. Elektromehanski računalniki od leta 1939 →
  - Zuse Z3, Harvard Mark
- III. Prvi elektronski računalniki 1945
  - ENIAC
- IV. Elektronski računalniki s shranjenim programom ( 1945 → )
  - EDVAC, IAS
- V. Skokovit razvoj računalnikov po letu 1950

# I. Obdobje mehanike

- Prvi kalkulatorji v 17. stoletju – mehanski, na ročni pogon



Blaise Pascal  
1623-1662

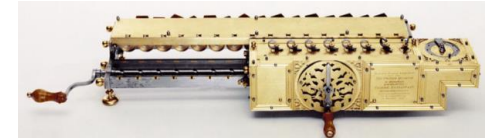


Pascal's Calculator  
(Pascaline, 1652)

- Add
- Subtract



Gottfried Leibniz  
1646-1716



Leibniz Calculator (1673)

- Add
- Subtract
- Multiply
- Divide.

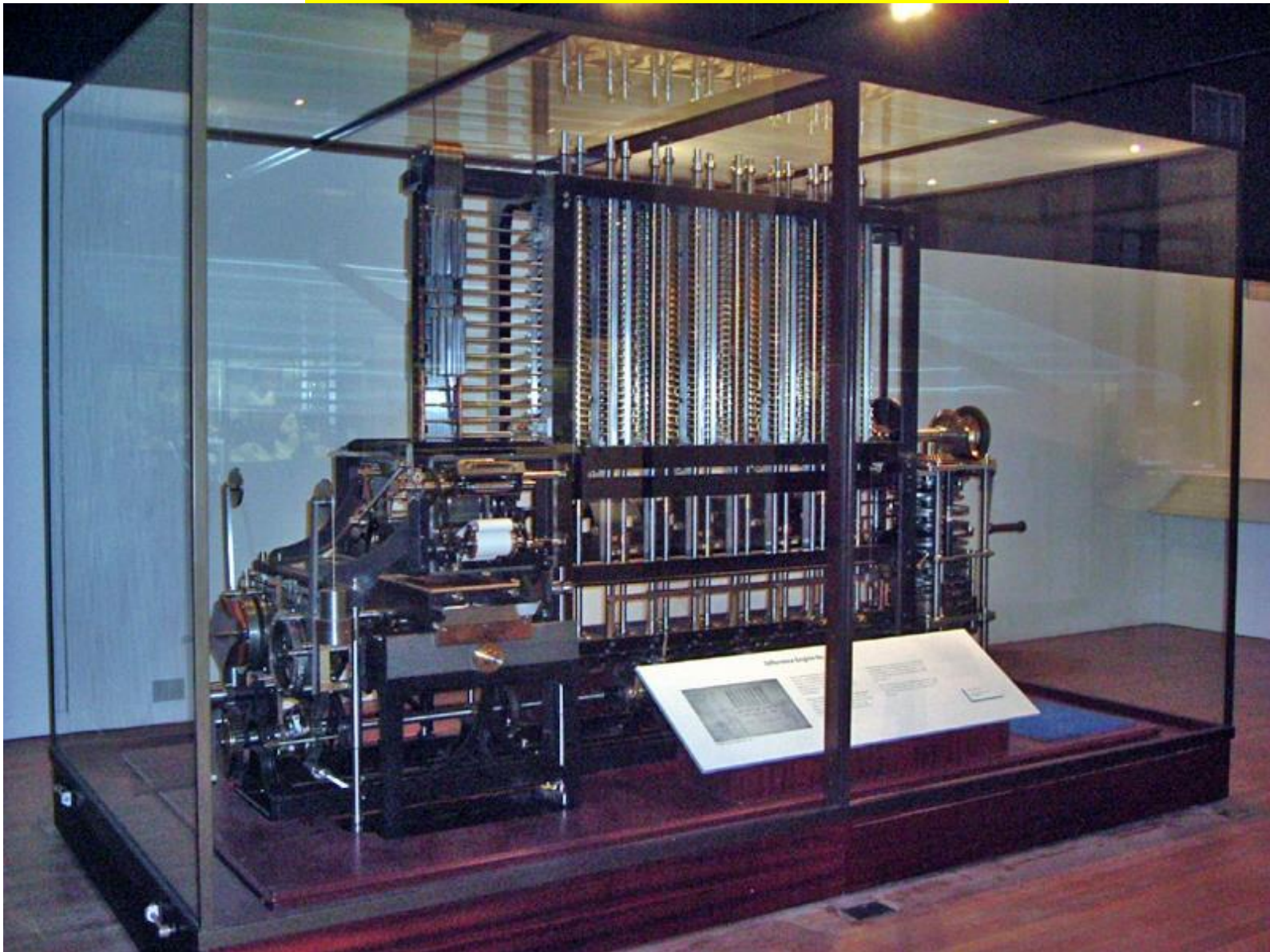
- Charles Babbage (1792 – 1871)

- Diferenčni stroj (1823 – 1833)

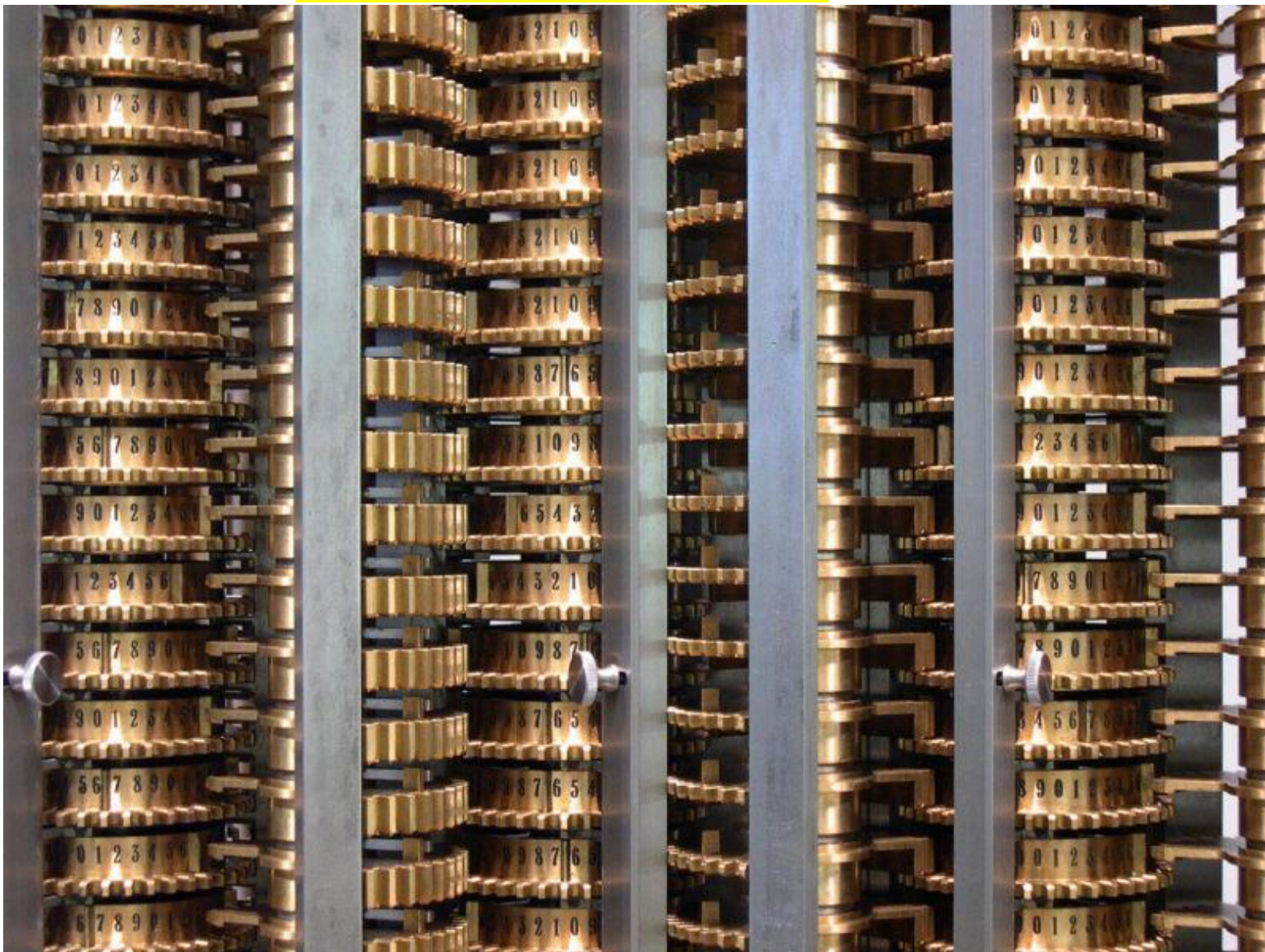
- Analitični stroj (1834 – 1836)**

- „Prvi pravi predhodnik današnjih računalnikov“ ([Kodek])
- Združuje dve pomembni lastnosti:
  - Delovanje vodi **program**
  - Namenjen za **reševanje poljubnih problemov**
- Nikoli dokončan.

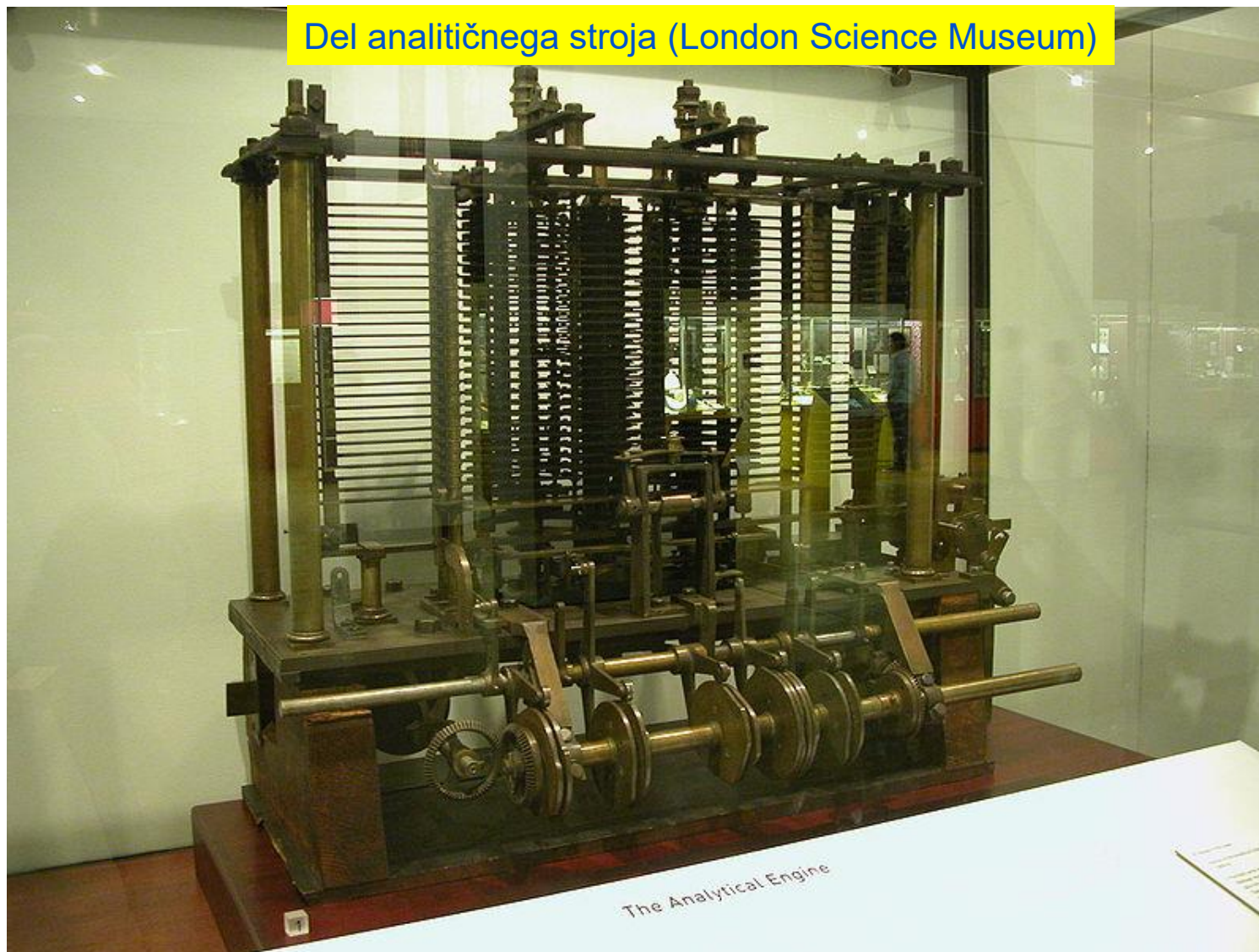
## Diferenčni stroj 2 (London Science Museum)



## Diferenčni stroj 2 bližnji posnetek

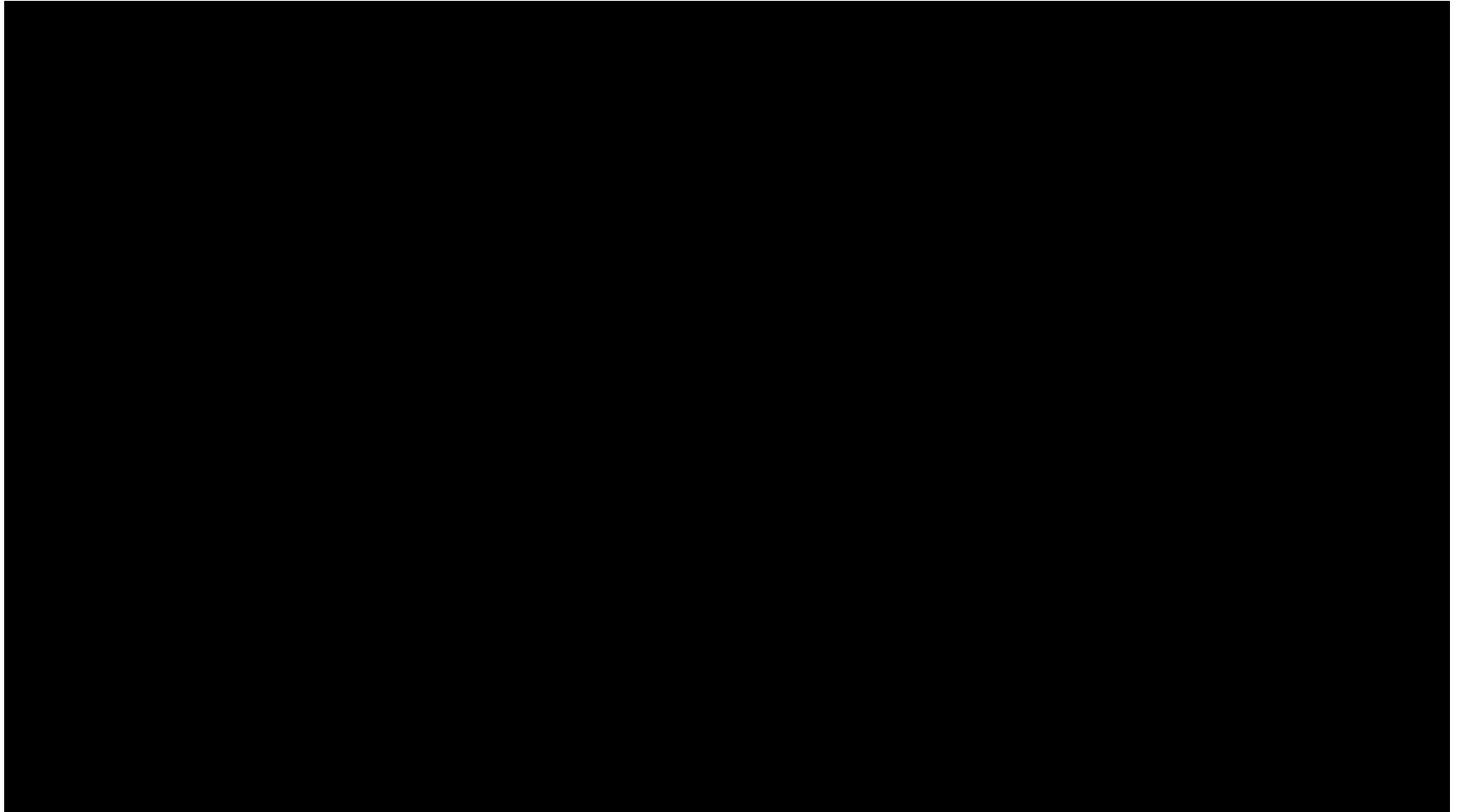


Del analitičnega stroja (London Science Museum)



# Babbage: Analitični stroj

YT Video: [False Dawn: The Babbage Engine](https://www.youtube.com/watch?v=XSkGY6LchJs)



## II. Elektromehanski računalniki

- Razvoj elektrotehnike je odprl nove možnosti pri realizaciji strojev za računanje
  - Za pogon zobatih koles se uporabijo **elektromotorji** (prej ročno ali parni stroj)
  - V napravah na **osnovi luknjanih kartic** se prisotnost ali odsotnost luknjic ugotavlja **električno in ne več mehansko**
- Herman Hollerith: 1887 prvič uspešno uporabljene naprave na osnovi luknjanih kartic



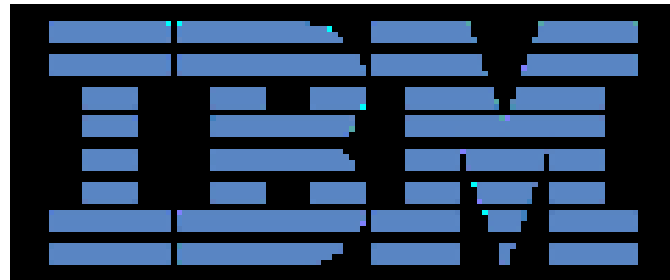
Hollerithov stroj uporabljen pri popisu prebivalstva  
(Scott Beale's photostream)



- Hollerith je leta 1896 ustanovil podjetje Tabulating Machine Company, ki se je kasneje združilo še z dvema in leta 1924 preimenovalo v International Business Machines Corporation - IBM



Prvi logo firme IBM



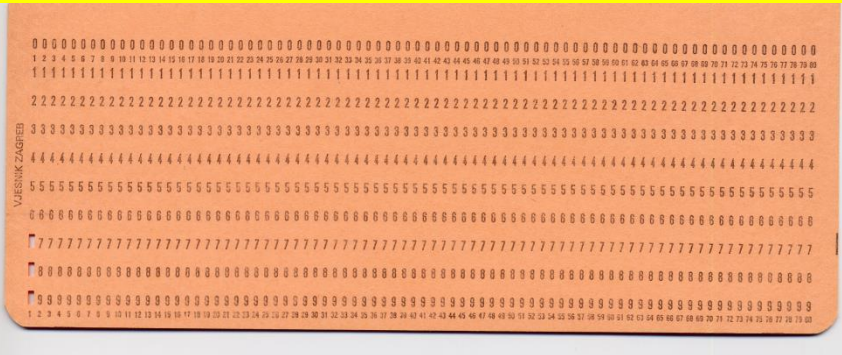
Logo v uporabi od leta 1972 dalje

## Razvoj strojev za računanje – Elektromehanski stroji

Stroj za zapisovanje (luknjanje kartic)



Kartica (zapis programov, podatkov z luknjicami)



■ Konrad Zuse (1910 - 1996):

□ **Z1** (l. 1938 )

- prvi delujoči stroj Babbage-ve vrste, čeprav ni vedel za Babbagevo delo – popolnoma mehanski

□ **Z2**

- aritmetična enota zgrajena s telefonskimi releji, mehanski pomnilnik od Z1 – nedokončan

□ **Z3** (l. 1941 )

- prvi delujoči **programsko vodeni elektromehanski računalnik za splošne namene**
- uporabil je dvojiško in ne desetiško aritmetiko
  - **2600 telefonskih relejev**
  - Relejski pomnilnik **64 22-bitnih besed**
  - 8-bitni ukazi shranjeni **na luknjanem traku**

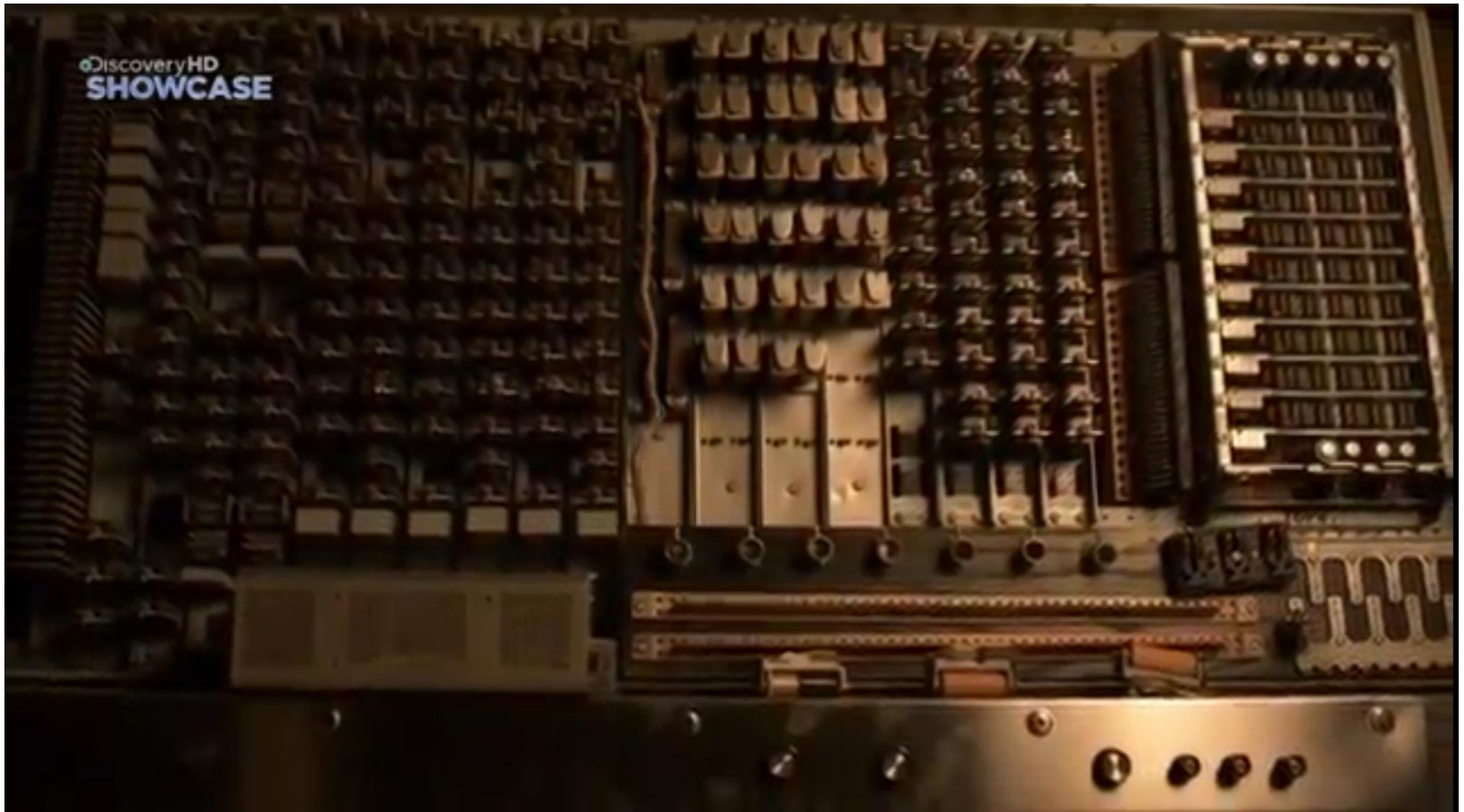


□ Elektromehansko stikalo

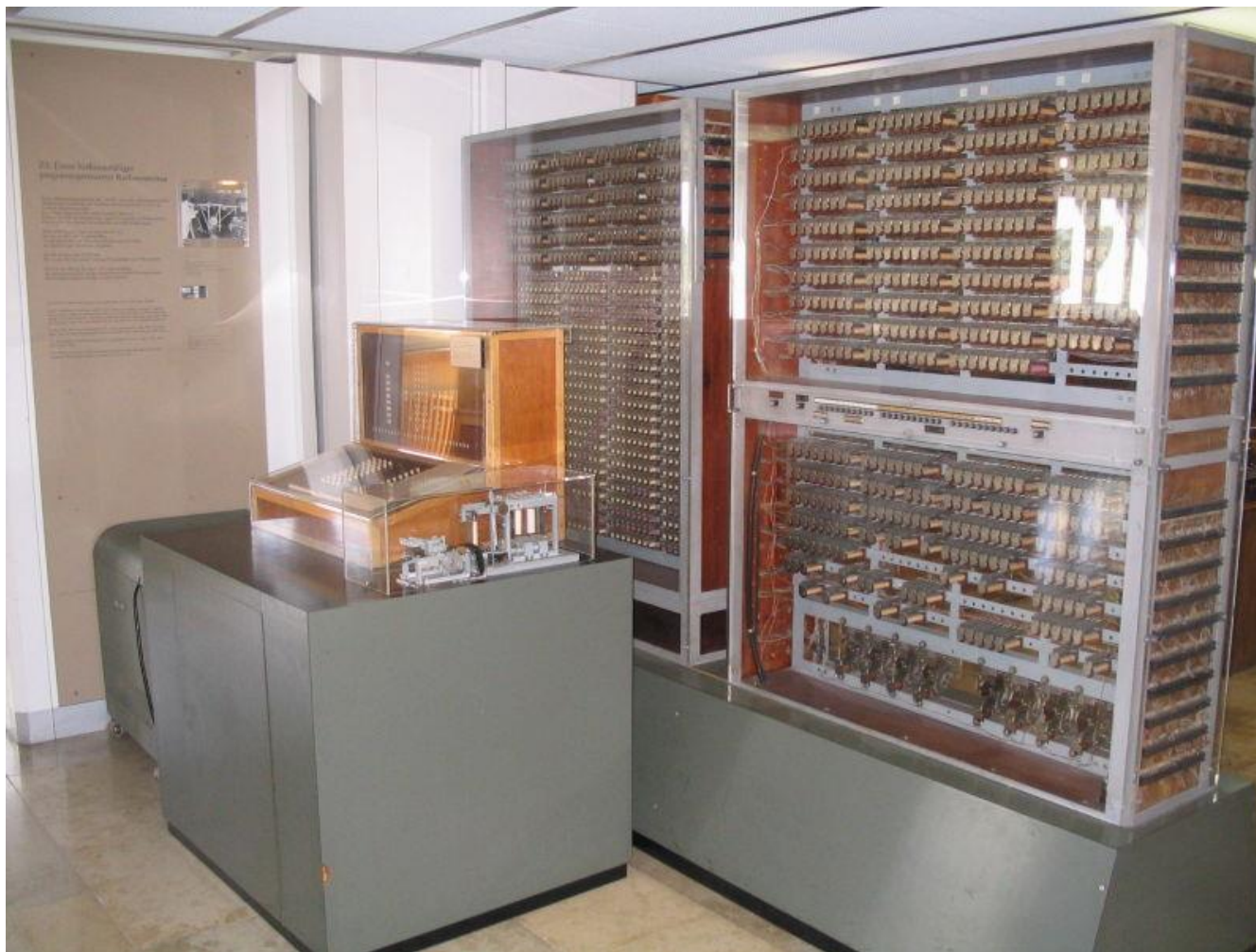
- 1939: Rele,

# Z3 v Tehniškem muzeju Muenchen

## Computer History - Z3



## Z3 v Tehniškem muzeju Muenchen (kopija)



- Harvard **MARK I** končan 1943 v ZDA, stroj **ekvivalenten Babbagovemu analitičnemu stroju**
  - Howard Aiken – fizik na Harvardski univerzi – za razliko od Zuseja je poznal Babbagevo delo
- Sledijo **MARK II, III in IV**
- Harvard Mark I in Zuse Z3 sta podobna stroja:
  - Z3 dvojiška aritmetika
  - Harvard Mark I - desetiška aritmetika
  - Pri obeh **shranjevanje ukazov na luknjanem traku**

### III. Prvi elektronski računalniki



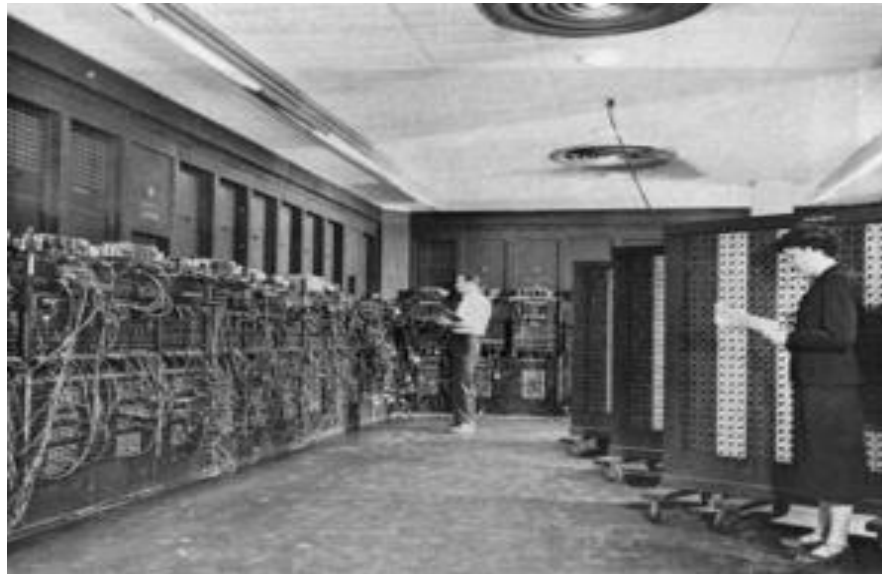
#### □ Elektronsko stikalo

- 1945-1955: Elektronika,

- Releje zamenjajo elektronke - **preklopni čas ~ 5  $\mu$ s**
- Prvi poskus z uporabo elektronk namesto relejev je bil analogni računalnik (John Atanasoff, Iowa State University)
- Stroji za dešifriranje sporočil razviti med 2. svetovno vojno v Veliki Britaniji
- **ENIAC** (J. Mauchly in J. Eckert, University of Pennsylvania – Moore School of Electrical Engineering)



- **ENIAC** (Electronic Numerical Integrator and Calculator)
  - Dokončan 1945
  - ~ 500 do 1000 krat hitrejši kot MARK I
  - Dimenzije 30m x 3m x 1m
  - 18.000 elektronk, 150 relejev, 140kW
  - Programiranje s stikali (> 6000 stikal) in povezovanje s kabli



## IV. Elektronski računalniki s shranjenim programom

- Avtor ideje o računalniku s shranjenim programom je verjetno ameriški matematik madžarskega porekla John von Neumann (1903 – 1957)
- Idejo je **von Neumann** prvič objavil leta 1945 v predlogu za nov elektronski računalnik **EDVAC** (Electronic Discrete Variable Computer)

First Draft of a Report  
on the EDVAC

by

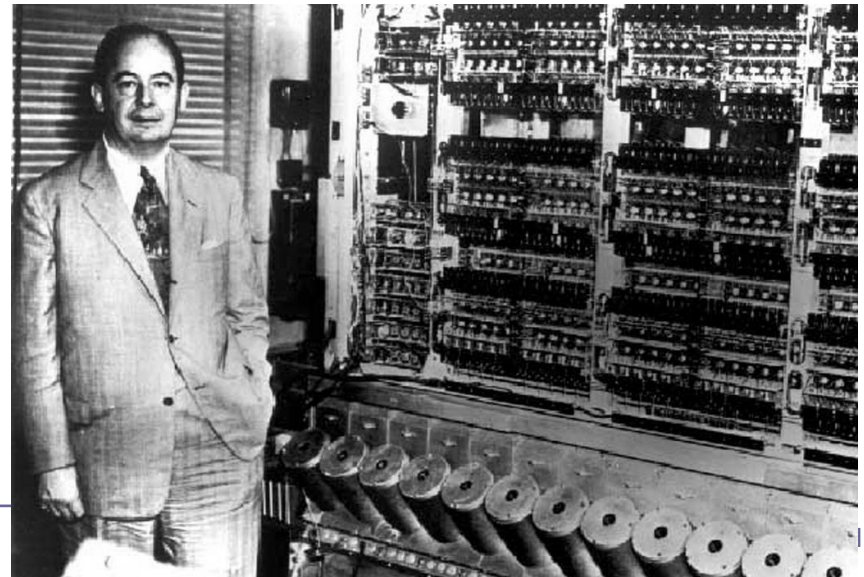
John von Neumann

Moore School of Electrical Engineering  
University of Pennsylvania

June 30, 1945

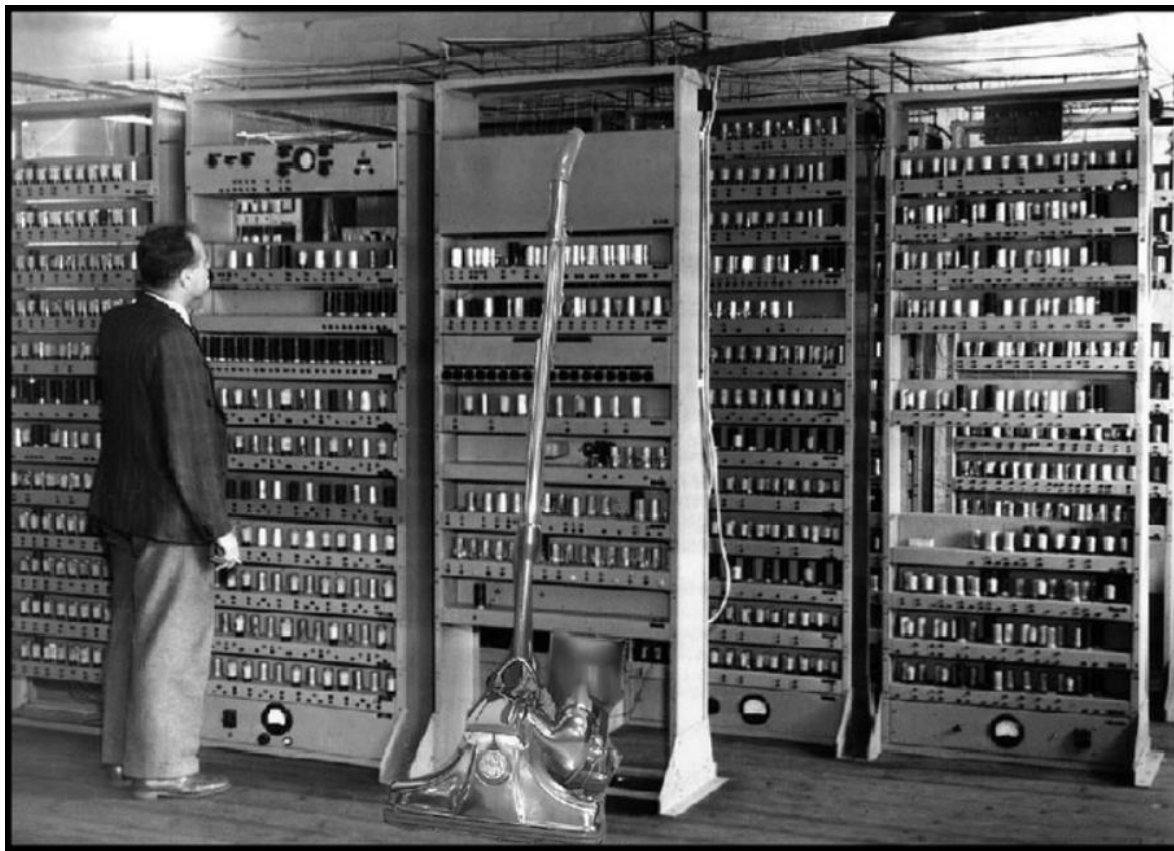
- EDSAC, EDVAC, IAS

IAS in John von Neumann (Institute for Advanced Studies)



- EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer)

- Dokončan leta 1951 - osnova je **ideja o shranjenem programu v pomnilniku**

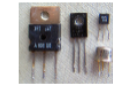


- EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator)
  - Dokončan leta 1949 v Cambridgu v Angliji - prvi delujoči računalnik s shranjenim programom – prehiteli EDVAC
  - Pri njem so prvič uporabili dogovor, ki se uporablja še danes:

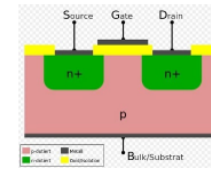
**ČE UKAZ NE ZAHTEVA DRUGAČE (SKOČNI UKAZ), SI UKAZI SLEDIJO EDEN ZA DRUGIM PO NARAŠČAJOČIH NASLOVIH**

- IAS (kratica za Institute for Advanced Study)
  - Paralelni stroj približno 10-krat hitrejši od ENIACA (EDVAC in EDSAC sta delovala zaporedno – bit za bitom)
  - Pomnilnik z naključnim dostopom
  - Programski števec - register, ki vsebuje naslov naslednjega ukaza

## V. Razvoj po letu 1950



- 1955: Tranzistor → ,



- 1958: Integrirano vezje - čip,
- 1980: VLSI integrirana vezja
  - [Very Large Scale Integration](#)

- Razvoj je bil **bolj tehnološki kot pa arhitekturni**
- Po letu 1955 so elektronke pričeli zamenjevati **tranzistorji**
  - Manjši, hitrejši, bolj zanesljivi
- Prelomnice (opis sledi) :
  - 1971: Pojav **mikroprocesorjev** (Intel 4004)
  - 1981: Osebni računalnik **IBM PC**
  - 1985: Prvi **ARM** procesor (**ideja RISC**)
  - 1999: **AMD Athlon**, (Opteron 2003)
  - 2011: **RISC-V** objava opisa ukazov

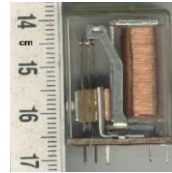
## Predpone merskih enot

Oznaka	Ime	Vrednost	Zapis s potenco (znanstveni zapis)
p	piko	0,000 000 000 001	$10^{-12}$
n	nano	0,000 000 001	$10^{-9}$
$\mu$	mikro	0,000 001	$10^{-6}$
m	mili	0,001	$10^{-3}$
K	kilo	1 000	$10^3$
M	mega	1 000 000	$10^6$
G	giga	1 000 000 000	$10^9$
T	tera	1 000 000 000 000	$10^{12}$

## Realizacija stikala kot osnovnega gradnika – povzetek razvoja :

### □ Elektromehansko stikalo

- 1939: Rele,



čas preklopa

1-10ms

### □ Elektronsko stikalo

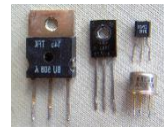
- 1945-1955: Elektronka,



čas preklopa

~ 5 $\mu$ s

- 1955: Tranzistor → ,



čas preklopa

~10ns

- 1958: Integrirano vezje - čip,

čas preklopa

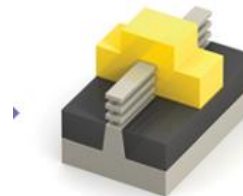
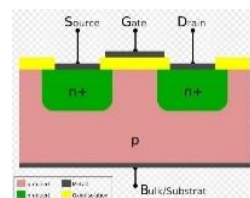
2-10ns

- 1980: VLSI integrirana vezja

čas preklopa

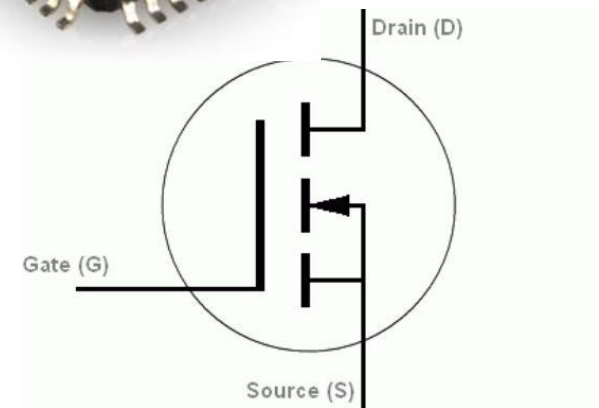
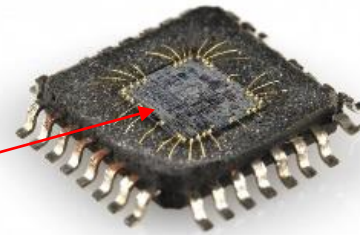
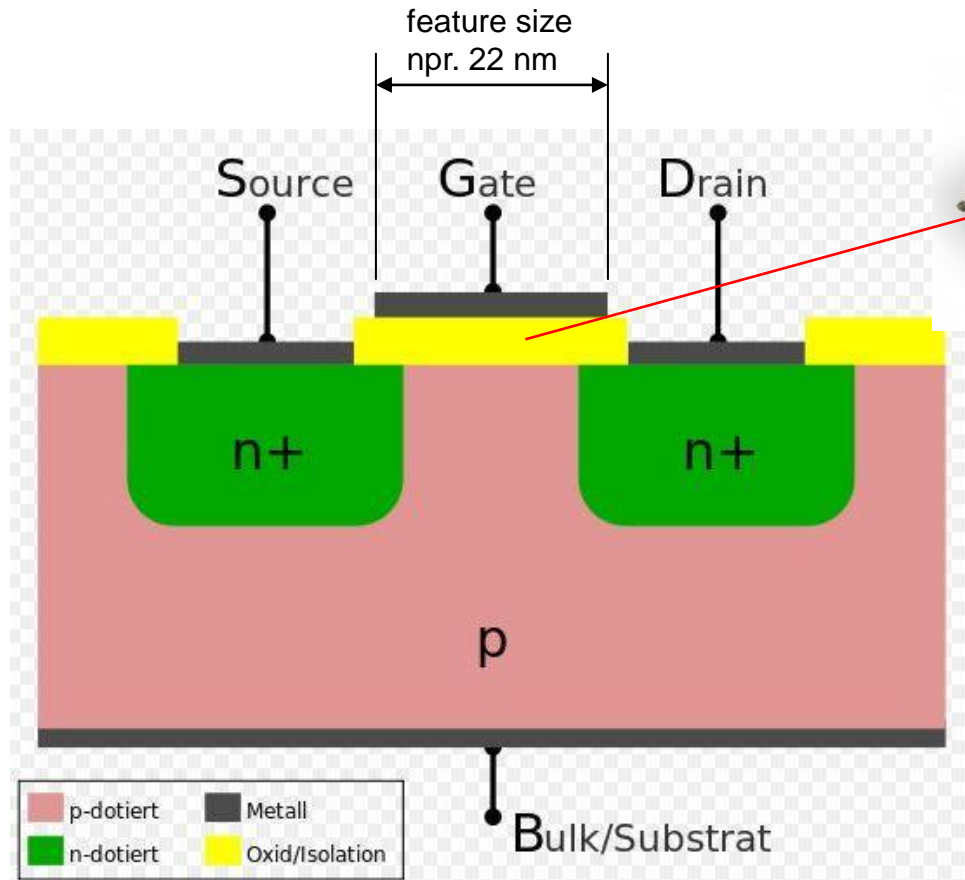
< 0.1ns

- Very Large Scale Integration



Stacked nanosheet FET

# Tranzistor kot del integriranega vezja VLSI





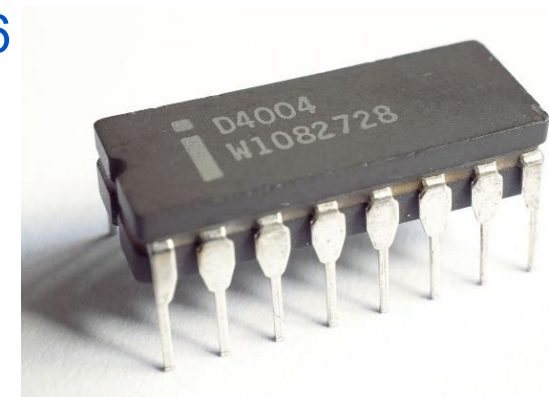
## V. Razvoj po letu 1950

Prelomnice (z vidika RA) :

- I. 1971: Pojav mikroprocesorjev (Intel 4004)
- II. 1981: Osebni računalnik IBM PC
- III. 1985: Prvi ARM procesor 1985
- IV. 1999: AMD Athlon (Opteron 2003)
- V. 2011: RISC-V objava opisa ukazov

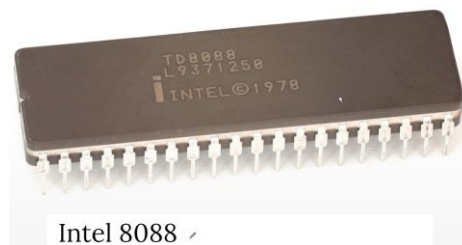
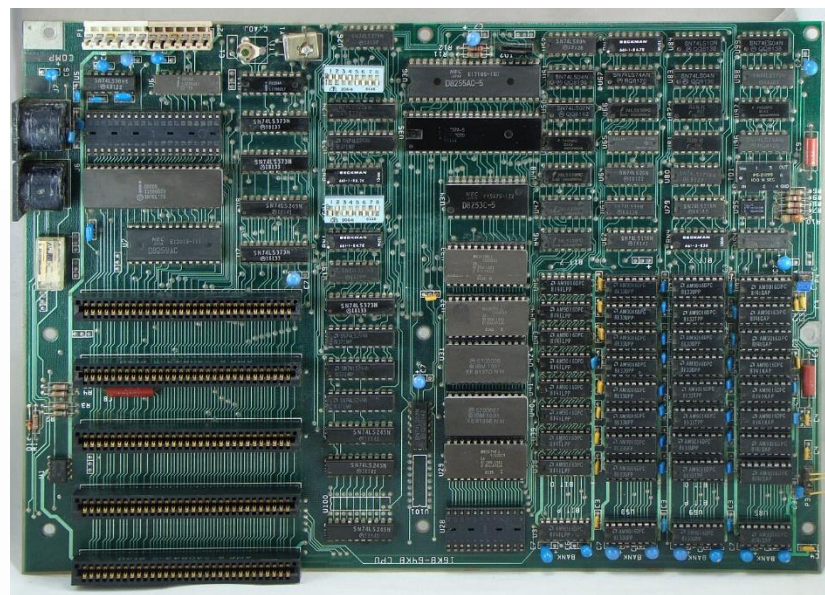
## Prelomnica I : Pojav mikroprocesorjev leta 1971

- prvi procesor na enem čipu **Intel 4004** (leto 1971)
  - **2.250** tranzistorjev na ploščici 3,2 x 4,2 mm
  - **10 μm** proces (feature size 10 μm =  $10 \times 10^{-6}$  m = 0,00001 m, človeški las ima premer približno 100 μm)
  - **16** kontaktov
  - Izvedba ukaza 10,8 μs (= 0,0000108 s) ali 21,6 μs
  - Poraba **1,0 W**
  - Cena (preračunana na današnja razmerja) \$26



## ■ Prelomnica II : Osebni računalnik IBM PC/XT leto 1981

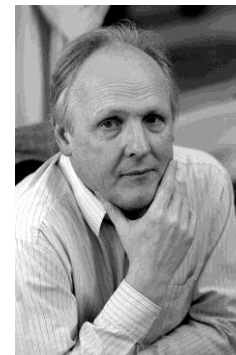
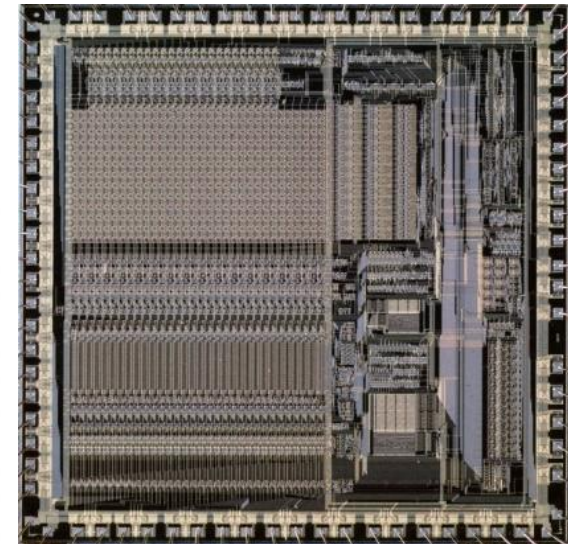
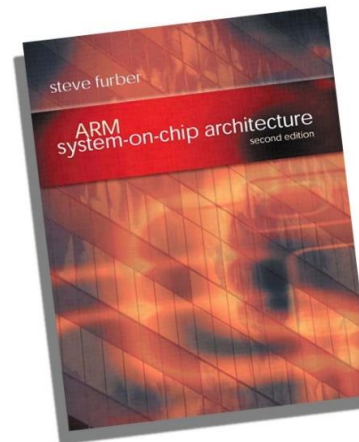
- Procesor Intel 8088, frekvenca ure 4,77 MHz
  - x86 arhitektura (prva generacija)
- Pomnilnik 128 KB do 640 KB
- Ena ali dve disketni enoti 5,25"
- Trdi disk 10 MB



Intel 8088

## ■ Prelomnica III : Prvi ARM procesor 1985

- 25000 tranzistorjev
- Poraba 1W
- Realizacija RISC ideje



Steve Furber  
principal designer of  
the [BBC Micro](#) and  
the [ARM 32-bit RISC microprocessor](#).<sup>[15]</sup>

[Spletna simulacija :](http://visual6502.org/sim/varm/armgl.html)

<http://visual6502.org/sim/varm/armgl.html>

# AMD

## Athlon™ PROCESSOR

The logo of the Athlon "Classic"

### General information

Launched	June 23, 1999
Common manufacturer(s)	AMD

### Performance

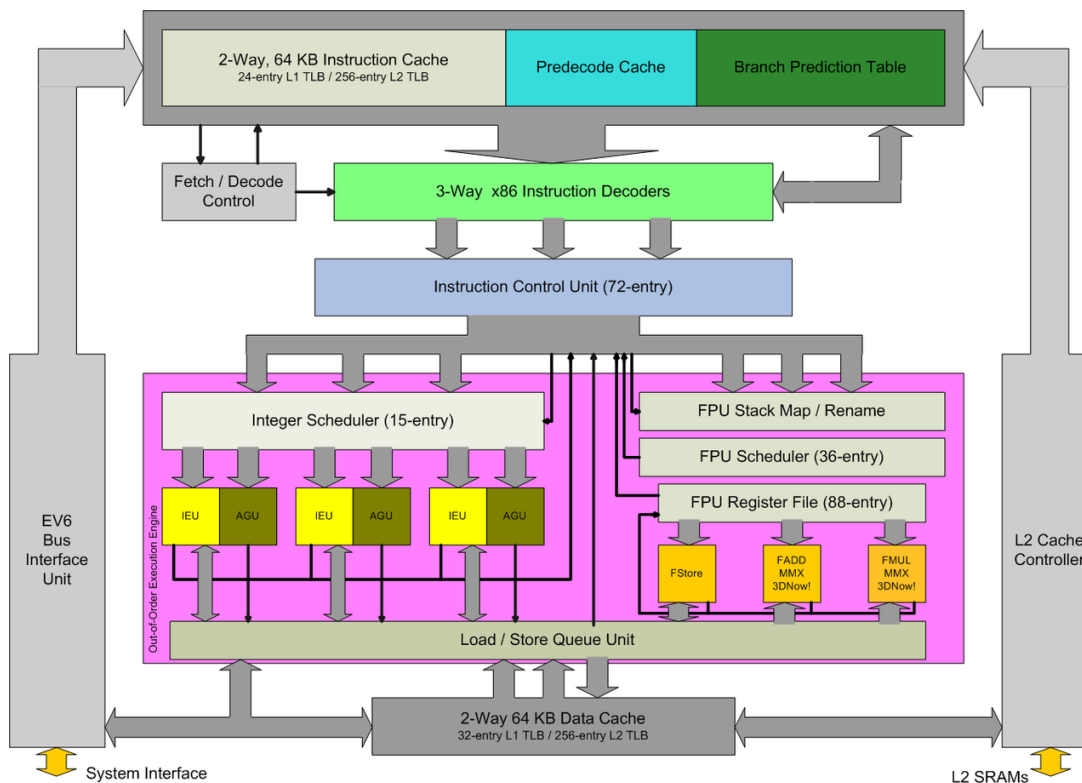
Max. CPU clock rate	500 MHz to 1400 MHz
FSB speeds	200 MT/s to 266 MT/s

### Architecture and classification

Technology node	0.25 $\mu\text{m}$ to 0.18 $\mu\text{m}$
Instruction set	x86

## ■ Prelomnica IV : Prvi AMD procesor Athlon

- 22 milijonov tranzistorjev
- Postane resen tekmelec Intelu x86

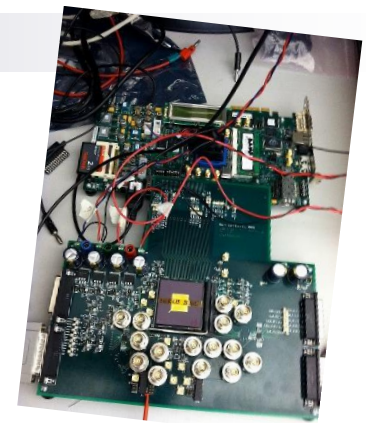


- Prelomnica V : Prva objava RISC-V ISA (2011)

- Odprta ideja, realizacija (BSD)

**RISC-V is an open standard Instruction Set Architecture (ISA) enabling a new era of processor innovation through open collaboration**

RISC-V enables the community to share technical investment, contribute to the strategic future, create more rapidly, enjoy unprecedented design freedom, and substantially reduce the cost of innovation



**The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: Base User-Level ISA**

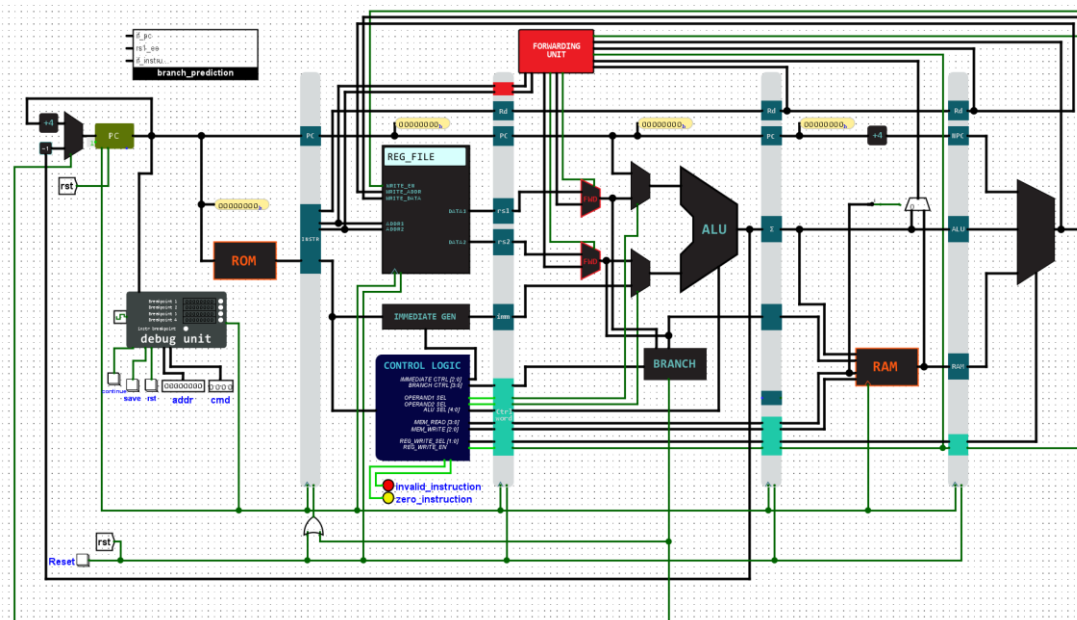
*Andrew Waterman  
Yunsup Lee  
David A. Patterson  
Krste Asanovic*

<https://riscv.org/about/history/>

Electrical Engineering and Computer Sciences  
University of California at Berkeley

Technical Report No. UCB/Eecs-2011-62  
<http://www.eecs.berkeley.edu/Pubs/TechRpts/2011/Eecs-2011-62.html>

May 13, 2011



## Zuse 23 prvi digitalni računalnik v Ljubljani leta 1962/1963



Prvi računalniki v Sloveniji, 4. del – elektronski računalnik Zuse Z-23

Z naslova <<https://www.racunalniski-muzej.si/prvi-racunalniki-v-sloveniji-4-del-elektronski-racunalik-zuse-z-23/>>

# Računalnik IBM 1130 - prvi digitalni računalniki na Univerzi v Ljubljani leta 1971

