

## 2

# DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

---

## Digitalni princip

---

- digit (ang. številka, prst) iz latinščine
- neka fizikalna veličina diskretno predstavlja števila
  - npr. območja napetosti (ali nivoja tekočine ...)
- omejeno število stanj, npr. 10 (0, ..., 9) ali 2 (0, 1)
- natančnost se da povečati z uvedbo več številskih mest



- abak

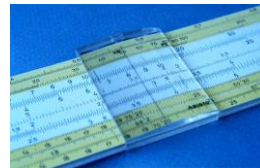


# Analogni princip

- fizikalna veličina zvezno predstavlja števila
  - mehanska (dolžina, kot), električna (napetost, upornost), ...
- omejena natančnost
- analognih rač. danes praktično ni več



- logaritmično računalo (Rechenschieber)



## Analogni računalniki



# Obdobje mehanike

---

## Prvi kalkulatorji

Kalkulator je naprava (stroj), ki izvaja aritmetične operacije

- prvi kalkulatorji so izvajali le osnovne operacije
  - + in -, morda tudi \* in /

## Schickard, 1623

- zobata kolesa (10 zobnikov)
- mehanizem za prenos naprej
- ročen pogon
- operacije
  - seštevanje, odštevanje
  - množenje, deljenje z nekaj dela



---

### Pascal, 1642

- 2 skupini koles po 6
- ena je akumulator
- druga za prištevanje ali odštevanje od števila v akumulatorju

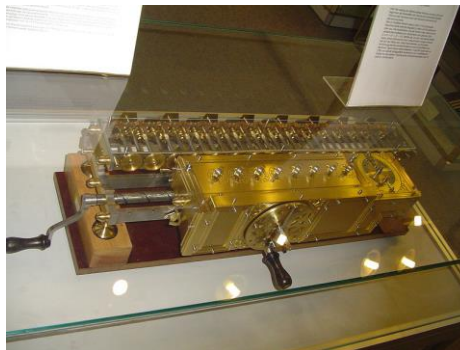


2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

7

---

### Leibniz, 1671



2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

8

## Charles Babbage

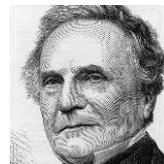
---

Njegovi stroji precej podobni današnjim računalnikom

- tehnologija primitivna

### Diferenčni stroj (Difference engine), 1823

- aproksimacija funkcij s polinomi (na osnovi metode končnih diferenc)
- zaporedje fiksni operacij

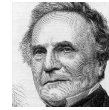



---

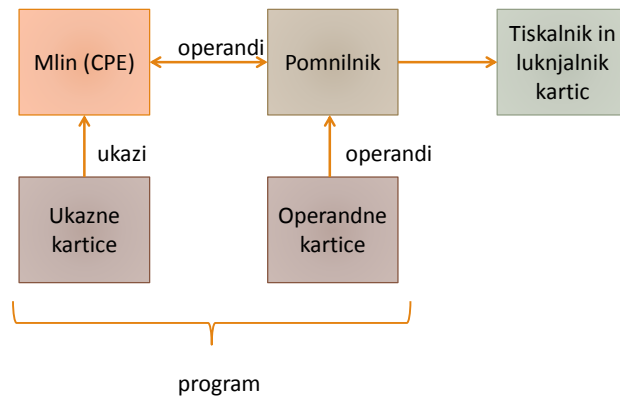
### Analitični stroj (analytical engine), okrog 1835

- Prvi računalnik
- Ni bil realiziran zaradi velike zahtevnosti in stroškov
- Računski del
  1. Mlin (mill): izvedba operacij
  2. Pomnilnik (store): shranjuje operande
- Luknjane kartice 2 vrst
  1. Ukazne kartice (s programi)
  2. Operandne kartice

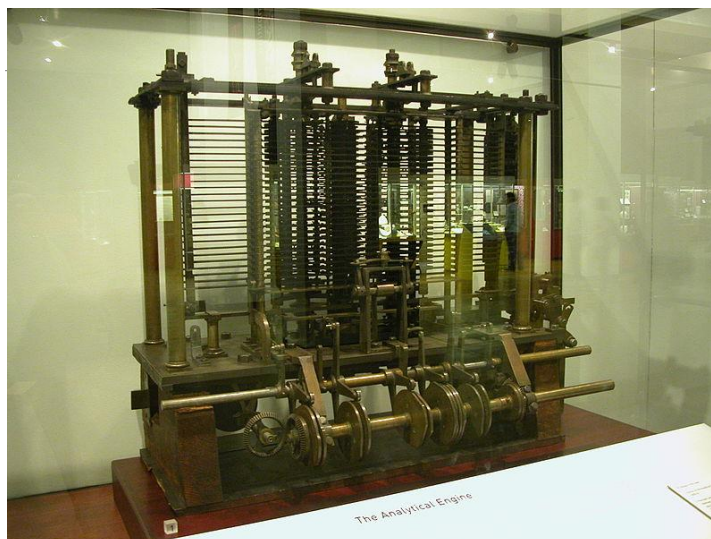
Babbage za 100 let utonil v pozabo



## Zgradba analitičnega stroja



## Analitični stroj (zgrajen kasneje)



## Elektromehanski stroji

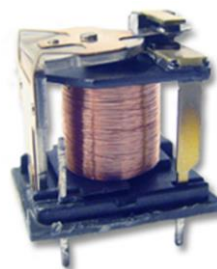
---

Elektrotehnika ponuja nove možnosti

- elektromotorji za pogon mehanskih kalkulatorjev
- električno branje luknjanih kartic

Rele (relay)

- električno-krmiljeno stikalo




---

**Konrad Zuse** zgradil prvi delujoči računalnik

Zusejevi računalniki

- Z1, 1938, mehanski
- Z2
- Z3, 1941, prvi delujoči (splošnonamenski) računalnik
  - 2600 relejev
  - pomnilnik 64 22-bitnih besed (releji)
  - 8-bitni ukazi
  - luknjan trak
  - plavajoča vejica: 14-bitna mantisa, 7-bitni eksp. + predznak
  - Tipkovnica
  - Hiba: ni imel pogojnih skokov
  - Frekvenca 5-10 Hz
  - Uničili so ga 1943 med bombardiranjem Berlina

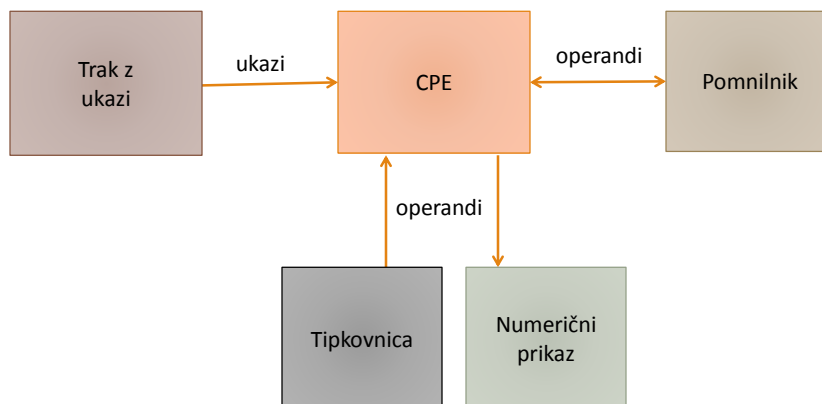
## Z1



2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

15

## Zgradba Z3

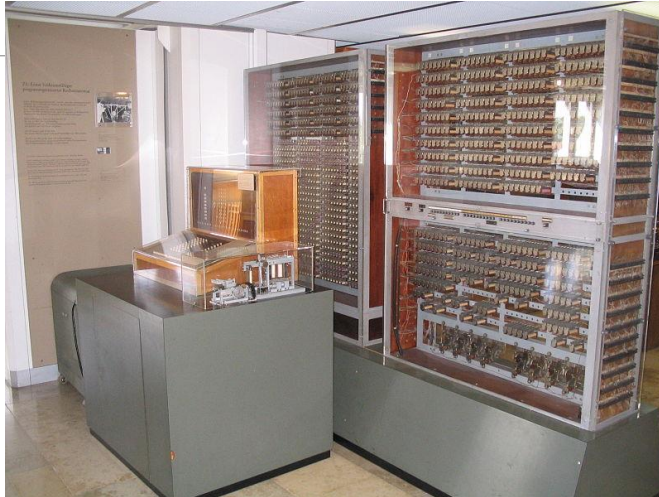


2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

16



## Z3 (kopija)



2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

17

## Z4 (Deutsches Museum, Muenchen)



2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

18

## Harvard Mark I

---

- Howard Aiken, izdelava IBM 1943
- 15m v dolžino
- elektromeh. desetiška števna kolesa
- pomnilnik 72 x 23 desetiških mest
- luknjan trak (24 stolpcev - bitov)
- Ukazi oblike A1 A2 OP
  - pomn. naslova + op., vsi 8-bitni




---

Elektromeh. stroji (40. leta) so bili uresničitev zamisli Babbagea

Njihov problem je mehanika, ki omejuje

- hitrost (vztrajnost gibljivih delov)
- zanesljivost (veliko zobnikov in vzvodov)

Hitro so zastareli zaradi pojava nove tehnologije, ki ne uporablja mehanike

- elektronika

# Prvi elektronski računalniki

Zakaj je elektronika hitrejša?

- rele potrebuje vsaj nekaj ms za preklop
- elektroni so bistveno hitrejši

Elektronika ('vakuumška cev')

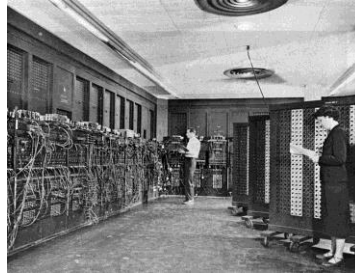


## ENIAC

(Electronic Numerical Integrator And Calculator), 1945,  
vojaško financiran

- pomnilnik 20 x 10 desetiških števil
  - pomnilni element 10-bitni krožni števec iz 10 FF (2 elektroni na FF)
  - skupno 4000 elektronk
- funkcijska tabela (104 x 12 desetiških mest)
  - stikala
- fiksna vejica
- operacije +, -, \*, /, sqrt
  - +, - 0.2ms, \* 3ms, / 30ms

- ročno programiranje (stikala, prevezovanje kablov)
  - 6000 stikal
  - zzzelo zamudno
- podatki na luknjanih karticah
- 18000 elektronk, 1500 relejev, 30 m, 30 ton, 140kW
- programiranje je lahko trajalo tudi več dni
  - zato so razmišljali (von Neumann) o shranjenem programu



## Elektronski računalniki s shranjenim programom

John von Neumann napisal predlog za EDVAC (Electronic Discrete Variable Computer)

- po njem von Neumannovi računalniki

*Stroj voden od znotraj*

Prednosti shranjenega programa

- dostop do ukazov enako hiter kot dostop do operandov
- program lahko kot vhodni podatek vzame drug program in ga spremeni v tretji
- prevajalniki, zbirniki



## EDVAC, 1951

- pomnilnik 1K 16-bitnih besed, s krožnim dostopom
  - + 20K besed v pomožnem pomnilniku
  - dvonivojska pom. hierarhija
- 3000 elektronk
- dvojiški stroj
- serijsko (bit za bitom)
- ukazi

A1 A2 A3 A4 OP

- A1, A2: naslova vhodov
- A3: naslov izhoda
- A4: naslov nasl. ukaza

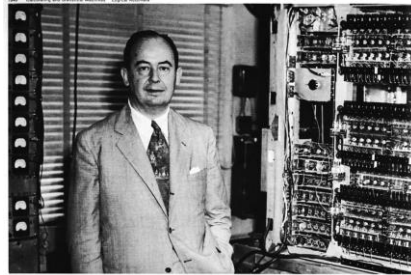


## IAS, 1951

- o njem dostopne vse informacije!
- dvojiški
- pomnilnik na osnovi variante katodne cevi
  - čas dostopa neodvisen od prejšnjega naslova
  - 1K x 40
- hkratni dostop do bitov besede
- ukazi

OP A

- akumulator, AC 40-bitni
- 1-operandni, 1-naslovni računalnik
- ukazi si sledijo po naraščajočih naslovih (razen pri skokih)
  - 12-bitni programski števec ( $PC \leftarrow PC + 1$ )
- beseda
  - 40-bitno število v 2'K
  - dva 20-bitna ukaza
    - 8(OP) + 12(A)
- 40-bitni pomožni akumulator MQ



## Razvoj po letu 1950

### Komercialni interes

- serijska proizvodnja, nižja cena
- razlog za razmah niso več numerični problemi

### Mejniki pri razvoju

1. mehanski kalkulatorji
2. programsko voden rač. za splošne namene (Babbage, realizacija 1940. leta)
3. elektronika (ENIAC, 1945)
4. von Neumannovi rač. (shranjen program), (EDVAC, IAS, ...)

po 1951 je razvoj bolj tehnološki, ne toliko arhitekturni

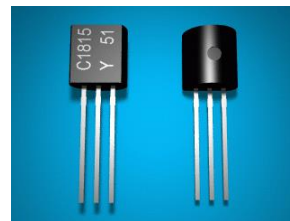
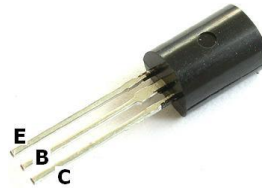
# Razvoj tehnologije

## Tranzistor, 1947

- Bell Labs (Shockley)

## Uporaba tranzistorja

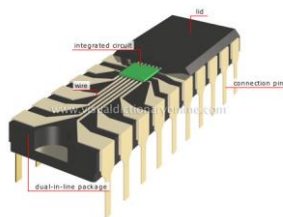
- ojačevalnik
- stikalo



2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

29

## Integrirana vezja (čipi), 1958



## Moorov zakon

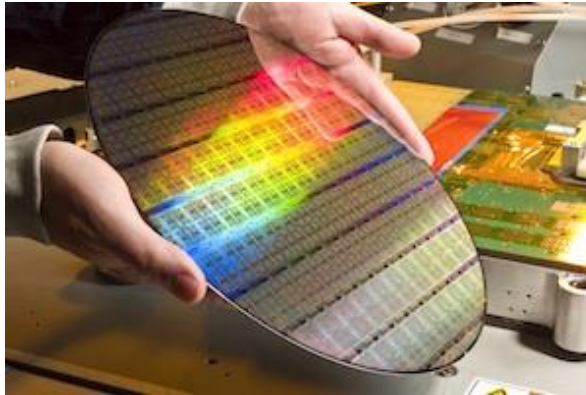
- podvojitev števila transistorjev na čipu vsakih 18 mesecev
- 2000 (1971), nekaj milijard (danes)

2 DOSEDANJI RAZVOJ STROJEV ZA RAČUNANJE

30

## Silicijeva rezina (wafer)

---



## Razvoj programiranja

---

Nalaganje programa iz zunanjega (pomožnega) v glavni pomnilnik

Bootstrap

Nekdaj programskih orodij, ki olajšajo programiranje (OS, zbirniki, prevajalniki, urejevalniki), ni bilo

- programiranje je potekalo z vpisovanjem ničel in enic (strojni jezik)



# Programski jeziki

---

Simbolični zapis: Zbirni jezik (Assembly language)

Zbirnik (Assembler) je program, ki pretvarja programe iz zbirnega jezika v strojni jezik

Višji programski jeziki

- prvi: FORTRAN, ALGOL, COBOL, LISP, ...
- kasneje: Pascal, C, C++, Java, ...

Primerjava

- koda v zbirnem oz. strojnem jeziku hitrejša
- programiranje v zbirnem jeziku počasnejše