

# 3

## OSNOVNI PRINCIPI DELOVANJA RAČUNALNIKOV

---

- 
- 2 ugotovitvi iz prvih dveh poglavij:
    - Definicija izračunljivosti po Church-Turingovi hipotezi
    - lastnosti stroja, ki je zmožen izračunati vse, kar se da izračunati
  - Von Neumannov računalnik
    - ekvivalenca\* s TM
    - to ni edini možen tak stroj

## Von Neumannov računalniški model

### ➤ Von Neumann-ov računalnik:

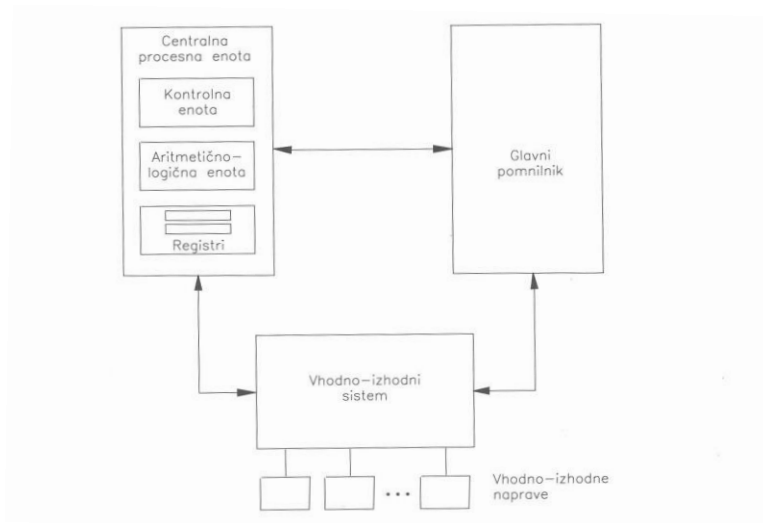
#### 1. Sestavljajo ga

- centralna procesna enota (CPE)
- glavni pomnilnik (GP)
- vhodno/izhodni (V/I) sistem

#### 2. Ima program shranjen v GP

#### 3. CPE jemlje ukaze programa iz GP in jih zaporedoma izvršuje

## Zgradba von Neumannovega računalnika



## Glavni deli von Neumannovega računalnika

### 1. CPE oz. procesor

- zakaj centralna
- mikroprocesor
- vodi dogajanje v računalniku
- osnovna naloga CPE je jemanje ukazov iz pomnilnika in njihovo izvrševanje
- CPE delimo na tri dele:
  1. kontrolna enota nadzoruje aktivnosti
    - prevzem ukazov in operandov
    - aktiviranje operacij
  2. aritmetično-logična enota (ALE) izvršuje večino ukazov
  3. registri začasno shranjujejo podatke

### 2. Glavni pomnilnik

- zakaj glavni
- v njem so shranjeni ukazi in operandi
- GP sestavljajo pomnilniške besede (vsaka ima svoj naslov)
- tehnologija DRAM

### 3. Vhodno/izhodni (V/I, ang. I/O) sistem

- namenjen prenosu informacije iz in v zunanji svet
- vhodno/izhodne oz. periferne naprave so fizično najvidnejši del računalnika
  - tipkovnica, miška, monitor, modem, disk, tiskalnik, ...
  - pretvarjajo informacijo iz CPE v obliko, primerno za človeka ali druge naprave
  - nekatere služijo kot pomožni pomnilnik

# Ukaz

- Ukaz je shranjen v eni ali več (sosednih) pomnilniških besedah
- Vsak ukaz vsebuje
  - operacijsko kodo (katera operacija naj se izvrši)
  - informacijo o operandih, nad katerimi naj se izvrši operacija
- Format ukaza pove, kako so biti ukaza razdeljeni na operacijsko kodo in operande



3 OSNOVNI PRINCIPI DELOVANJA RAČUNALNIKOV

7

- Naslov prvega ukaza (po vklopu računalnika) je vnaprej določen
- Pri vsakem ukazu sta 2 koraka:
  1. **Prevzem ukaza iz pomnilnika (fetch)**
    - to so **ukazi strojnega jezika** ali **strojni ukazi** (zaporedje ukazov je **program**)
    - strojni ukaz se **bere iz** tiste besede v pomnilniku, na katero kaže **programski števec** (PC, Program Counter)
  2. **Izvrševanje ukaza (execute)**
    - ukaz vsebuje operacijo in operande
    - CPE (običajno ALE) ukaz izvrši
    - **PC** nato **vsebuje naslov naslednjega ukaza**
      - običajno  $PC \leftarrow PC + 1$  (razen pri **skočnih ukazih**)

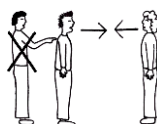
3 OSNOVNI PRINCIPI DELOVANJA RAČUNALNIKOV

8

## Prekinitve

- Zaporedje teh 2 korakov se ponavlja ves čas delovanja računalnika

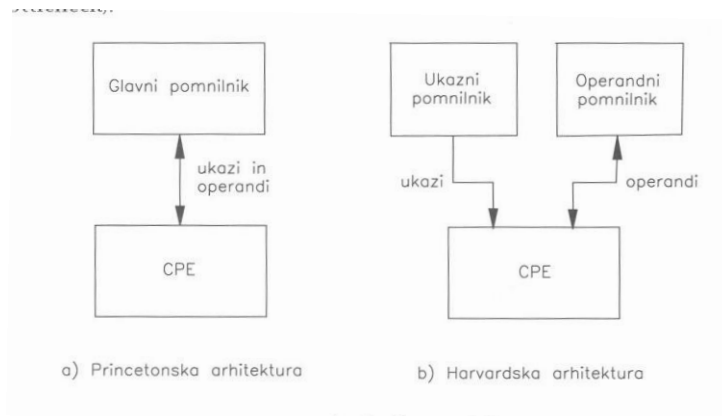
- izjema so **prekinitve** (interrupt) in **pasti** (trap)



- takrat se izvrši skok na prvi ukaz **prekinitvenega servisnega programa (PSP)**
  - pred tem se shrani vrednost PC

## Glavni pomnilnik

- V glavni pomnilnik (GP) se **shranjujejo ukazi in operandi**
- GP je **pasiven**
- Za zmogljivost računalnika je **pomembno, da se med CPE in GP lahko prenese dovolj informacije**
  - "promet": prenosi med CPE in GP
  - **ozko grlo** von Neumann-ovega računalnika
  - ena od rešitev je Harvardska arhitektura (po Harvard Mark I-IV)
    - ima pomnilnik za ukaze in pomnilnik za operande
    - običajna arhitektura se imenuje Princetonska (zaradi IAS)

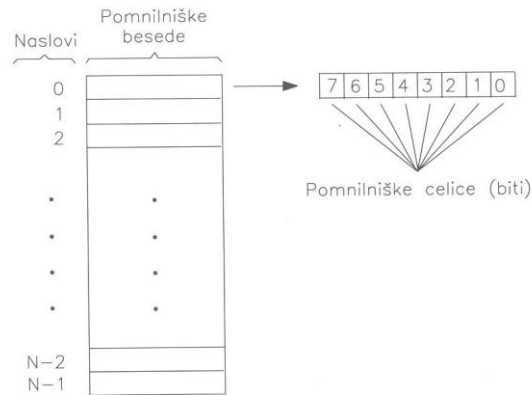


Danes prevladuje Princetonska arhitektura, vendar z ločenima *predpomnilnikoma* za ukaze in operande

## Pomnilniške besede

- GP je zaporedje **pomnilniških besed oz. pomnilniških lokacij**
  - **dolžina pomnilniške besede** je število pomnilnih celic v njej (vsaka hrani 1 bit informacije)
    - dolžina pomnilniške besede je najpogostejše 8 bitov (1 **byte** oz. **bajt**, 1B)
  - **vsaka lokacija ima svoj naslov**
    - pom. beseda je def. kot najmanjše število bitov s svojim naslovom
    - iz pomnilnika ni možno prebrati (ali vanj vpisati) manj kot eno besedo

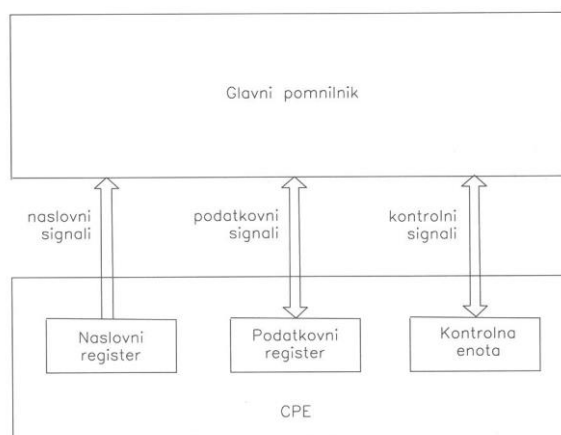
GP z dolžino besede 8 bitov:



## Naslovni prostor

- **velikost naslovnega prostora =  $2^{\text{dolžina naslova (v bitih)}}$** 
  - npr. pri 12-bitnem naslovu je naslovni prostor velikosti  $2^{12} = 4096$  pomnilniških besed oz. 4K
    - $2^{10} = 1024 = 1\text{K (kilo)}$ ,
    - $2^{20} = 1\,048\,576 = 1\text{M (mega)}$ ,
    - $2^{30} = 1\,073\,741\,824 = 1\text{G (giga)}$
- **Vsebina pom. besede se lahko spreminja**
  - v 8-bitno besedo lahko shranimo  $2^8$  različnih vsebin
- Če so registri večji kot pomnilniška beseda, je možen dostop tudi do več besed naenkrat (vsaj pri večini računalnikov)
  - npr. 32-bitni registri in 8-bitna beseda: dostop do 4 zaporednih besed hkrati (GP v obliki 4 pom.)

- CPE uporablja GP tako, da poda naslov besede in smer prenosa (lahko pa tudi št. besed)
- **Dostop** do pomnilnika (glede na smer prenosa):
  - **branje** iz pomnilnika (5x bolj pogosto)
  - **pisanje** v pomnilnik
- Informacije potujejo po *vodilih*
- CPE da naslov *na naslovno vodilo* in s kontrolnimi signali pove pomnilniku, da želi dostopiti do pomnilniške besede s tem naslovom
  - Pri branju pričakuje, da bo pomnilnik dal podatek na *podatkovno vodilo*
  - Pri pisanju da CPE na podatkovno vodilo podatek, ki se zapiše v pomnilnik





➤ CPE običajno vsebuje tudi

- **naslovni register** oz. **MAR** (memory address register)
  - vsebuje naslov pomnilniške besede, do katere želimo dostopiti
- **podatkovni register** oz. **MDR** (memory data register)
  - sem se pri branju zapiše iz pomnilnika prebrana vrednost
  - pri pisanju je v njem vrednost, ki naj se zapiše v pomnilnik

➤ MAR in MDR sta povezana s pomnilnikom preko naslovnih oz. podatkovnih signalov (vodil)

- poleg teh obstajajo tudi kontrolni signali (smer prenosa (branje/pisanje), število besed, časovni parametri, ...)

➤ Dolžina MAR je enaka dolžini naslova

- isto dolžina PC
- če naslovni prostor postane premajhen, je to lahko velik problem
  - naslovi nastopajo tudi kot operandi
  - povečanje naslova pomeni drugačno zgradbo ukazov in s tem nekompatibilnost za nazaj (kar kažejo tudi ☹ izkušnje proizvajalcev)

➤ Dolžina MDR določa število bitov, ki se lahko naenkrat prenesejo med CPE in GP

- enaka večkratniku dolžine pom. besede
- njeno povečanje ni tako težavno
- dolžina MDR vpliva na število dostopov za operand določene velikosti (npr.  $64=2*32$ )
  - programer tega ne vidi

## Semantični prepad

- Pri von Neumann-ovem računalniku iz vsebine pomnilniške besede ni mogoče vedeti, ali gre za ukaz ali operand oz. kakšne vrste je operand
  - CPE ne more zaznati nesmiselnih operacij (npr. množenje črk)
- Semantični prepad je razlika med opisom v višjem in v strojnem jeziku

## Povzetek

- CPE da naslov na naslovno vodilo in s kontrolnimi signali pove pomnilniku, da želi dostopiti do pom. besede s tem naslovom
- Pri branju pričakuje, da bo pomnilnik dal podatek na podatkovno vodilo
- Pri pisanju da CPE na podatkovno vodilo podatek, ki se zapiše v pomnilnik