

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:

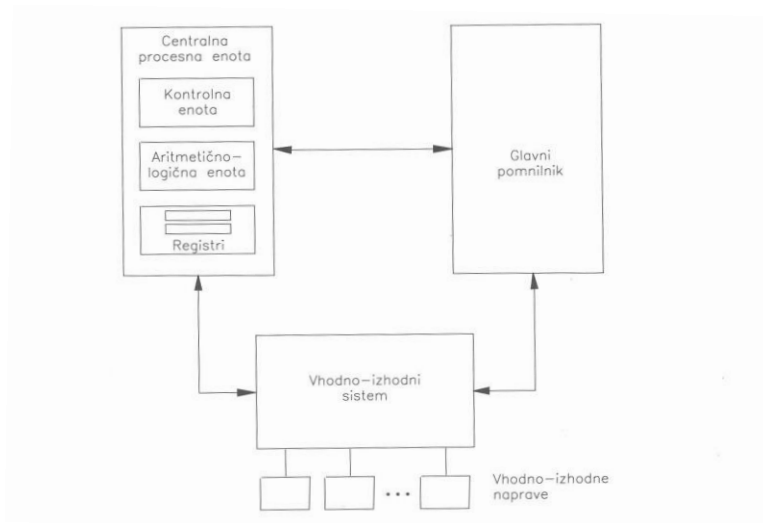
1. Sestavljajo ga

- 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

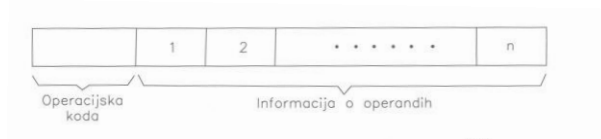
- zakaj glavni
- v njem so shranjeni ukazi in operandi
- GP sestavljajo pomnilniške besede (vsaka ima svoj naslov)
- tehnologija DRAM

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**)

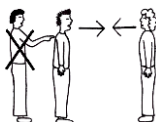
3 OSNOVNI PRINCIPI DELOVANJA RAČUNALNIKOV

8

Prekinitve

- Zaporedje teh 2 korakov se ponavlja ves čas delovanja računalnika

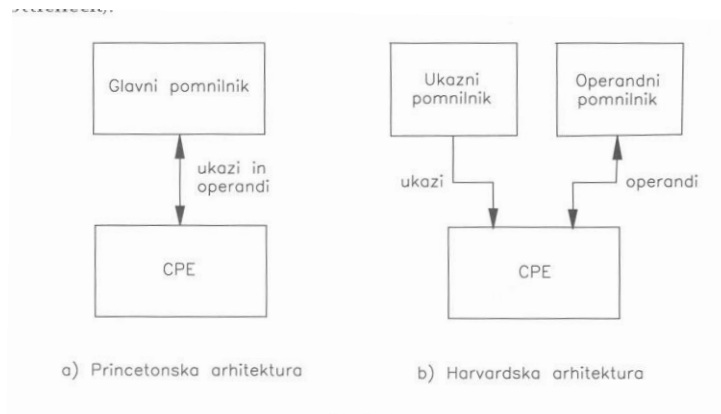
- izjema so **prekinitve** (interrupt) in **pasti** (trap)



- 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)

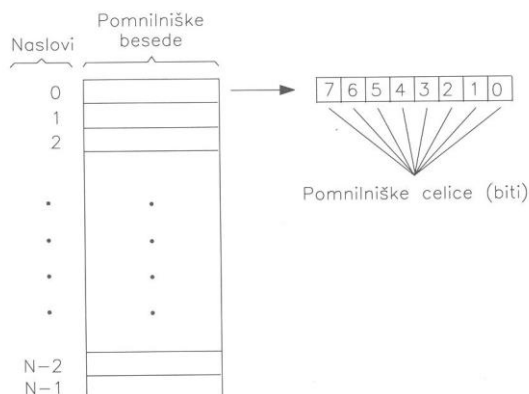


Danes prevladuje Princetonska arhitektura, vendar z ločenima *predpomnilnikoma* za ukaze in operande

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

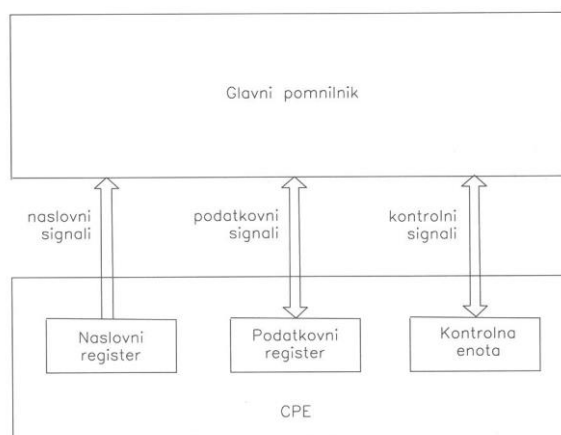
GP z dolžino besede 8 bitov:



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