

ORA I

AMDAHLOV ZAKON:

1. $N=20$

$$S(N)=2$$

f =delež, ki ga ne pohitrimo

$1-f$ =? delež, ki ga pohitrimo

$$S(N)=N \div (1+(N-1) \times f) \rightarrow f=(N-S(N)) \div (S(N) \times (N-1))=(20-2) \div (2 \times 19)=0,473$$

$$1-f=1-0,473=0,526 \rightarrow 52,6\%$$

Hitrejša enota se mora uporabljati v 52,6% računalniškega časa, da bo skupno povprečje hitrosti 2-kratno.

2. Delovanje računalnika želimo pohitrili s predpomnilnikom, ki je 10-krat hitrejši kot glavni pomnilnik. V kolikšnem procentu celotnega računalniškega časa se mora uporabljati predpomnilnik, da bo skupno povečanje hitrosti računalnika 6-kratno?

$$N=10$$

$$S(N)=6$$

f =delež, ki ga ne pohitrimo

$(1-f)$ =? delež, ki ga pohitrimo

$$S(N)=N \div (1+(N-1) \times f) \rightarrow f=(N-S(N)) \div (S(N) \times (N-1))=(10-6) \div (6 \times 9)=0,074\%$$

$$1-f=1-0,074=0,926 \rightarrow 92,6\%$$

Predpomnilnik se mora uporabljati v 92,6% računalniškega časa, da bo skupno povečanje hitrosti 6-kratno.

PREDSTAVITEV ŠTEVIL V FIKSNI VEJICI:

1. Kateri sta največji in najmanjši desetiški števili, ki ju lahko predstavimo z 12-biti v dvojiškem zapisu s fiksno vejico?

a) Pri predstavitvi s predznakom in velikostjo:

$$011111111111 + 2047 \rightarrow \text{največje desetiško število}$$

↓

$$000000000000 + 0$$

$$100000000000 - 0$$

↓

$$111111111111 - 2047 \rightarrow \text{najmanjše desetiško število}$$

b) Pri predstavitvi v eniškem komplementu:

$$011111111111 + 2047 \rightarrow \text{največje desetiško število}$$

↓

$$\underline{000000000000} + 0$$

$$111111111111 - 0$$

↓

$$100000000000 - 2047 \rightarrow \text{najmanjše desetiško število}$$

c) Pri predstavitvi v dvojiškem komplementu:

$$011111111111 + 2047 \rightarrow \text{največje desetiško število}$$

↓

$$000000000000 + 0$$

$$111111111111 - 1$$

↓

$$100000000000 - 2048 \rightarrow \text{najmanjše desetiško število}$$

2. Imamo desetiško število -7 . Predstavite ga s fiksno vejico v dolžini 8-bitov. To storite na vse možne načine.

a) Predznak in velikost:

$$10000111$$

MSB (bit 7) predznak +0, -1

b) Z odmikom:

$$+2^{n-1} = +2^7 = +128$$

$$128 - 7 = 121$$

I. 01111001

$$-7 + 2^{n-1} = -7 + 128 = 121; n=8$$

II. 01111000

$$-7 + (2^{n-1} - 1) = -7 + 127 = 120$$

c) Eniški komplement:

$$0000111 + 7$$

(invertiramo bite pozitivnih števil)

↓

$$\underline{0000000} + 0$$

$$1111111 - 0$$

↓

$$1111000 - 7$$

d) Dvojiški komplement:

$$+7 \rightarrow 00000111 \rightarrow 11111000$$

$$\begin{array}{r} \underline{\quad\quad\quad 1} \\ 11111001 = -7 \end{array}$$

3. Katero je najmanjše in največje predstavljivo desetiško število, ki je predstavljeno s 16-bitni?

a) Eniški komplement:

$$0111111111111111 + 32767$$

↓

$$0000000000000000 + 0$$

$$1111111111111111 - 0$$

↓

$$1000000000000000 - 32767$$

b) Predznak in velikost:
 0111111111111111 + 32767
 ↓
 0000000000000000 + 0
 1000000000000000 - 0
 ↓
 1111111111111111 - 32767

c) Dvojiški komplement:
 0111111111111111 + 32767
 ↓
 0000000000000000 + 0
 1111111111111111 - 1
 ↓
 1000000000000000 - 32768

VELIKOSTI PROGRAMSKEGA ŠTEVCA, POMNILNIKOV, NASLOVNIH PROSTOROV, POMNILNIŠKIH BESED:

1. Mikroprocesor INTEL 80486 ima 32 naslovnih signalov.
 - a) Koliko bitov je dolg njegov programski števec?
PC – dolžine 32 bitov
 - b) Kako velik pomnilnik lahko neposredno naslovi ta mikroprocesor, če je dolžina pomnilniške besede 1 bajt?
Velikost pomnilnika $2^{32} \times 1 \text{ bajt} = 4 \text{ GB}$
2. Mikroračunalniki v osemdesetih letih so imeli 18 naslovnih signalov in 18-bitno naslovno vodilo.
 - a) Kolikšen je bil naslovni prostor teh računalnikov?
 $2^{18} = 2^{10} \times 2^8 = 1 \text{ K} \times 256 = 256 \text{ K}$
 - b) Kolikšen je največji možni pomnilnik teh računalnikov v bajtih, če je bila pomnilniška beseda dolga 2 bajta?
 $2^{18} \text{ pomnilniških besed} = 2 \times 2^{18} \text{ B} = 2 \times 2^8 \times 2^{10} = 512 \text{ KB}$
 - c) Kako dolg je bil programski števec teh računalnikov?
18 bitov
3. Mikroprocesor INTEL 8086 ima 20 naslovnih signalov A0-A19 in 8-bitno (1 bajt) pomnilniško besedo.
 - a) Kolikšen je naslovni prostor tega procesorja?
 $2^{20} \text{ naslovov} = 1 \text{ M naslovov}$
 - b) Kolikšen je največji direktno naslovljiv pomnilnik v bajtih?

$2^{20} \times 1B = 1MB$ ali $1M$ pomnilniških besed

c) Kolikšna je najmanjša dolžina programskega števca?

Minimalno 20 bitov → naslov ukaza

PROGRAMI, UKAZI, OPERANDI IN OPERACIJE:

1. Izraz $A=B-C+D$:

➤ prevedite v strojni jezik,

➤ napišite dolžino programa v bajtih za:

- računalnik z enim akumulatorjem,
- pomnilniško-pomnilniški računalnik s tremi operandi (vsi trije operandi so lahko v pomnilniku),
- registrsko-registrski računalnik (load/store) s tremi operandi in 32 registri (vsi trije operandi so v registrih, razen pri ukazih LOAD in STORE).

Pri vseh treh računalnikih je pri strojnih ukazih operacijska koda dolga 8 bitov, pomnilniški naslov 16 bitov, številka oziroma naslov registra pa 8 bitov. Uporabite strojne ukaze LOAD, STORE, ADD in SUB, ter upoštevajte, da so operandi A, B in C v pomnilniku.

a) Računalnik z enim akumulatorjem:

LOAD	B	ACC ← B
SUB	C	ACC ← ACC – C
ADD	D	ACC ← ACC + D
STORE	A	

$4 \times 8 + 4 \times 16 = 4 \times 1 \text{ bajt} + 4 \times 2 \text{ bajta} = 12 \text{ bajtov}$

b) Pomnilniško-pomnilniški računalnik:

SUB	A, B, C	A ← B – C
ADD	A, A, D	A ← A + D

$2 \times 8 + 6 \times 16 = 2 \times 1 + 6 \times 2 = 14 \text{ bajtov}$

c) Registrsko-registrski računalnik:

LOAD	R1, B
LOAD	R2, C
SUB	R3, R1, R2
LOAD	R4, D
ADD	R5, R3, R4
STORE	A, R5

$6 \times 8 + 4 \times 16 + 10 \times 8 = 6 \times 1 \text{ bajt} + 4 \times 2 \text{ bajta} + 10 \times 1 \text{ bajt} = 24 \text{ bajtov}$

2. Primerjava različnih računalnikov med seboj:

➤ Računanje $A=B+C$, (A, B in C so operandi v pomnilniku),

➤ Zgradba:

- 8-bitna operacijska koda,
- 16-bitni pomnilniški naslov,
- 3-bitni naslovni register,

- 32-bitni operandi,

➤ Hitrost prenosa CPE ↔ pomnilnik=320Mbitov/s=40MB/s.

a) Eno-operandni računalnik:

LOAD B

ADD C

STORE A

$$3 \times 8 + 3 \times 16 = 72 \text{ bitov} = 9 \text{ bajtov} = 9B$$

- Število dostopov do pomnilnika:

3-krat ukazi+3-krat operand

↓

(2-krat branje+1-krat pisanje)

- Število prenesenih Bajtov CPE ↔ pomnilnik

$$9B + 3 \times 32 \text{ bitov} = 9B + 12B = 21B$$

- Čas prenosa v [μs]:

$$40 \text{ MB/s} = 40 \times 10^6 \text{ B/s} \text{ (število bajtov)} \div (40 \times 10^6 \text{ B/s}) = 21 \div 40 = 0,525 \times 10^{-6} \text{ [s]}$$

b) Skladovni računalnik:

(sklad je struktura, ki se obnaša po vnaprej določenih pravilih)

PUSH C

PUSH B

ADD

POP A

$$4 \times 8 + 3 \times 16 = 4 \times 1 \text{ bajt} + 3 \times 2 \text{ bajta} = 4 + 6 = 10 \text{ bajtov} = 10B$$

- Število dostopov do pomnilnika:

4-krat ukazi+3-krat operandi

- Število prenesenih Bajtov CPE ↔ pomnilnik:

$$10B + 12B = 22B$$

- Čas prenosa:

$$\text{št. bajtov} \div (40 \times 10^6 \text{ B/s}) = 22 \div (40 \times 10^6) = 0,555 \times 10^{-6} \text{ [s]}$$

c) Pomnilniško-pomnilniški 3-operandni računalnik:

ADD A, B, C

$$1 \times 8 + 3 \times 16 = 1 \times 1 \text{ bajt} + 3 \times 2 \text{ bajta} = 1 \text{ bajt} + 6 \text{ bajtov} = 7 \text{ bajtov}$$

- Število dostopov do pomnilnika:

1-krat ukaz+3-krat operand

- Število prenesenih Bajtov CPE ↔ pomnilnik:

$$7B + 12B = 19B$$

- Čas prenosa v [μ s]:
št. bajtov $\div (40 \times 10^{-6} \text{ B/s}) = 19 \div (40 \times 10^{-6}) = 0,475 \times 10^{-6} \text{ [s]}$

d) Registrsko-registrski 3-operandni računalnik:

LOAD R2, B
LOAD R3, C
ADD R1, R2, R3
STORE A, R1
 $4 \times 8 + 3 \times 16 + 6 \times 3 = 98 \text{ bitov} = 13 \text{ B}$

- Število dostopov do pomnilnika:
4-krat ukaz + 3-krat operand
- Število prenesenih Bajtov CPE \leftrightarrow pomnilnik:
 $13 \text{ B} + 12 \text{ B} = 12 \text{ B}$
- Čas prenosa v [μ s]:
 $25 \div 40 = 0,625 \times 10^{-6} \text{ [s]}$

CENTRALNO PROCESNA ENOTA:

1. Računalnik ima CPE, ki deluje s frekvenco urinega signala 133MHz in potrebuje v povprečju 5 urinih period za vsak ukaz. Izračunajte CPE čas izvajanja programa z 200 000 ukazi za naslednja dva primera:

- CPE izvaja samo ta program,
- CPE izvaja ta program in sprejema prekinitve vsake 0,2 ms, za vsako prekinitvev pa porabi dodatnih 50 period.

REŠITEV:

$$t_{\text{CPE}} = 1 \div f_{\text{CPE}} = 1 \div (0,133 \times 10^9) = 7,52 \times 10^{-9} \text{ [s]} = 7,52 \text{ [ns]}$$

$$\text{a) } \text{CPE}_{\text{ČAS}} = N \times \text{CPI} \times t_{\text{CPE}} = 2 \times 10^5 \times 5 \times 7,52 \times 10^{-9} \text{ [s]} = 0,00752 = 7,52 \text{ [ms]}$$

$$\text{b) } \text{št. prekinitvev/sek.} = 1 \div t_p = 1 \div (0,2 \times 10^{-3}) = 5000 \text{ prekinitvev/sek.}$$

$$\text{št. period porabljenih za prekinitve} = 5000 \times 50 = 250\,000 \text{ prekinitvev/sek}$$

$$\text{MIPS} = f_{\text{CPE}} \div (\text{CPI} \times 10^6) = (133 \times 10^6) \div (5 \times 10^6) = 26,6$$

Zmanjšanje MIPS-ov zaradi prekinitve:

$$\text{MIPS}_1 = \text{MIPS} - (250\,000) \div (5 \times 10^6) = 26,6 - 0,05 = 26,55$$

$$\text{CPI}_1 = f_{\text{CPE}} \div (\text{MIPS}_1 \times 10^6) = (133 \times 10^6) \div (26,55 \times 10^6) = 5,009$$

$$\text{CPE}_{\text{ČAS}_1} = N \times \text{CPI}_1 \times t_{\text{CPE}} = 2 \times 10^5 \times 5,009 \times 7,52 \times 10^{-9} \text{ [s]} = 7,53 \text{ [ms]}$$

2. PC:	LOOP:NOP	3 urine periode
	↑	
	<u>JMP LOOP</u>	<u>15 urinih period</u>
	2 ukaza	18 urinih period

Povprečno število ciklov za ukaz: $CPI=18 \div 2=9$

$$f_{CPE}=166\text{MHz}=166 \times 10^6 \text{Hz}$$

$$\text{MIPS}=f_{CPE} \div (CPI \times 10^6) = (166 \times 10^6) \div (9 \times 10^6) = 18,44$$

Računalnik v eni sekundi izvede 18 milijonov 44 ukazov.

3. LOOP:DIV BX	165 urinih period
↑	
<u>JMP LOOP</u>	<u>15 urinih period</u>
2 ukaza	180 urinih period → $CPI=90$
	$f_{CPE}=166\text{MHz}$

$$\text{MIPS}=f_{CPE} \div (CPI \times 10^6) = (166 \times 10^6 \text{ [Hz]}) \div (90 \times 10^6) = 1,84$$

4. Program-1620 ukazov:

i	vrsta ukaza	št. urinih period (CPI_i)	dinamična pogostost (p_i)
1	prenos podatkov	8	31%
2	ALE	5	48%
3	kontrolni ukazi	6	21%

a) $CPI=?$

$$CPI = \sum_{i=1}^3 CPI_i \times p_i = 8 \times 0,31 + 5 \times 0,48 + 6 \times 0,21 = 6,14 \text{ povprečno število urinih period za en ukaz}$$

b) MIPS pri $f_{CPE}=200\text{MHz}$

$$\text{MIPS}=f_{CPE} \div (CPI \times 10^6) = (200 \times 10^6) \div (6,14 \times 10^6) = 32,57$$

c) CPE-čas tega programa

$$CPE = \text{št. ukazov} \times CPI \times t_{CPE} = \text{št. ukazov} \div (\text{MIPS} \times 10^6) = 1620 \div (32,57 \times 10^6) = 49,74 \times 10^{-6} \text{ [s]} = 49,74 \text{ [}\mu\text{s]}$$

$$\text{MIPS} = 1 \div (CPI \times t_{CPE} \times 10^6) \rightarrow CPI \times t_{CPE} = 1 \div (\text{MIPS} \times 10^6)$$

5. - $f_{CPE}=90\text{MHz}$

- $CPI=6$

-zmogljivost se zaradi prekinitev zmanjša za 0,1% MIPS-ov

-za vsako prekinitev porabi CPE 45 urinih period

-povprečni čas med dvema prekinitvama=?

- $MIPS = f_{CPE} \div (CPI \times 10^6) = (90 \times 10^6) \div (6 \times 10^6) = 15$
- $0,1\% \text{ MIPS-ov} = 0,001 \times 15 = 0,015$
Zaradi prekinitev izvede CPE 15 000 ukazov manj v sekundi.
- število izgubljenih ciklov: $15\ 000 \times CPI = 15\ 000 \times 6 = 90\ 000$ vsako sekundo
- število prekinitev v sekundi: $x \times 45 = 90\ 000 \rightarrow x = 90\ 000 \div 45 = 2000$
- povprečen čas med dvema prekinitvama: $t_p = 1 \div \text{št. prekinitev v sek.} = 1 \div 2000 \text{ prekinitev/sek.} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ [s]} = 0,5 \text{ [ms]}$

6. Računalnik ima CPE s frekvenco 200 MHz in potrebuje v povprečju 4 urine periode za ukaz. Pri vsaki prekinitvi mora prekinitveno-servisni program ohraniti stanje treh registrov. Shranjevanje vsebine enega registra na sklad traja 10 urinih period, enako dolgo traja tudi branje iz sklada. Za klic prekinitveno-servisnega programa porabi CPE dodatnih 30 urinih period, za vračanje iz njega pa 20 urinih period. Kolikšen je CPI tega računalnika, če:

- CPE ne sprejme nobene prekinitve,
- CPE sprejme prekinitev vsakih 500×10^{-6} sek.?

REŠITEV:

$$t_{CPE} = 1 \div f_{CPE} = 1 \div (0,200 \times 10^9) = 5 \times 10^{-9} \text{ [s]} = 5 \text{ [ns]}$$

- CPI=4 urine periode
- ???

7. Imamo računalnik s frekvenco, $f_{CPE} = 100 \text{ MHz}$. Povprečno traja ukaz 5 urinih period. Shranjevanje registra v pomnilnik in branje trajata 10 urinih period. Klic in vračanje iz prekinitveno-servisnega programa trajata 30 urinih period. V eni sekundi se zgodi 1000 prekinitev. Ob prekinitvi pa se shranijo trije registri (njih vsebina). Koliko se zaradi tega podaljša trajanje povprečnega ukaza? Koliko % zmogljivosti računalnika zasedejo prekinitve?

- Najprej izračunamo trajanje ene prekinitve:
 $3 \times 10 + 30 + 3 \times 10 = 90$ urinih period
 $3 \times 10 \rightarrow$ shranjevanje registrov
 $30 \rightarrow$ trajanje prekinitvenega programa
 $3 \times 10 \rightarrow$ obnova začetnega stanja
- Ker se v eni sekundi zgodi 1000 prekinitev, v tem času pa prekinitve zahtevajo 90 urinih period $\times 1000 = 90\ 000$ urinih period v eni sekundi.
- Izračunamo MIPS-e pri delovanju računalnika brez prekinitev:
 $MIPS = f_{CPE} \div (CPI \times 10^6) = (100 \times 10^6) \div (5 \times 10^6) = 20$

- Izračunamo še MIPS-e pri delovanju računalnika s prekinitvami:
 $f_{CPE \text{ IRQ}} = 100 \times 10^6 - 90\ 000 = 99,91 \times 10^6$

$$MIPS_{\text{IRQ}} = (f_{CPE \text{ IRQ}}) \div (CPI \times 10^6) = (99,91 \times 10^6) \div (5 \times 10^6) = 19,982$$

$$CPI_{\text{IRQ}} = f_{CPE} \div (MIPS_{\text{IRQ}} \times 10^6) = (100 \times 10^6) \div (19,982 \times 10^6) = 5,0045$$

- Trajanje ukaza se poveča za: $CPI_{IRQ} \div CPI = 5,0045 \div 5 = 1,0009$; približno 0,9%.
- Prekinitev zasede ravno toliko časa, kolikor se zmanjša MIPS:
 $MIPS_{IRQ} \div MIPS = 19,982 \div 20 = 0,9991$

Prekinitev zasede približno 0,9% zmogljivosti našega računalnika.

8. Imamo računalnik z naslednjimi lastnostmi:

- $f_{CPE} = 90 \text{ MHz}$
- $CPI_1 = 6$
- $CPI_2 = 45$
- če pride do prekinitve, se MIPS zmanjša za 10%.

Kolikšen je čas med dvema prekinitvama?

- $MIPS_1 = f_{CPE} \div (CPI_1 \times 10^6) = (90 \times 10^6) \div (6 \times 10^6) = 15$
 $MIPS_2 = 0,9 \times MIPS_1 = 13,5$

↓

(ker se MIPS zmanjša za 10%)

- Izračunamo povprečni CPI:
 $CPI = f_{CPE} \div (MIPS_2 \times 10^6) = (90 \times 10^6) \div (13,5 \times 10^6) = 6,66$

$$CPI = (x \times CPI_1 + (1-x) \times CPI_2)$$

$$x = (CPI - CPI_2) \div (CPI_1 - CPI_2) = (6,66 - 45) \div (6 - 45) = -38,33 \div -39 = 0,983$$

Približno 98,3% ima $CPI = 6$ in približno 1,7% ukazov ima $CPI = 45$ zaradi prekinitve.

- Izračunamo na koliko % ukazov se zgodi ena prekinitev, da bomo lahko izračunali še čas med dvema prekinitvama.

$$98,3 \dots 1,7$$

$$\underline{x \dots 1} \quad x = 98,3 \div 1,7 = 57,82$$

Ena prekinitev se v povprečju zgodi na 57,82 ukazov.

- Čas med dvema prekinitvama je enak času v katerem se izvrši 57,82 ukazov.

$$t_p = \text{št. ukazov} \times CPI_1 \times t_{CPE} = 57,82 \times 6 \times (1 \div 90 \times 10^6) = 3,85 \text{ [s]}$$

Med dvema prekinitvama mine približno 3,85 [s].

TEORIJA

1. Napišite dva osnovna načina realizacije kontrolne enote in razložite katere so prednosti in slabosti teh dveh načinov realizacije!

- Trdo ožičena logika:
 - je hitrejša,
 - spreminjanje je težje,

- Mikroprogramska:
 - spreminjanje je enostavno
 - je pa počasnejša v primerjavi s trdo ožičeno.
2. Pri naslovnem prostoru za registre V/I krmilnikov se uporablja več različnih rešitev.
- a) Naštete vsaj dva načina in podajte kratek opis:
- Pomnilniško preslikan vhod/izhod:
 - registri krmilnikov so v pomnilniškem naslovnem prostoru
 - gledano iz CPE so videti enako kot pomnilniške besede
 - za branje in pisanje lahko uporabimo vse ukaze za dostop do pomnilnika
 - Ločen vhodno/izhodni prostor:
 - registri krmilnikov so v posebnem naslovnem prostoru, ki je ločen od pomnilniškega
 - za dostop do registrov so potrebni posebni vhodno/izhodni ukazi
 - med izvajanjem CPE aktivira signal, ki pove da se naslavlja vhodno/izhodni naslovni prostor
 - Posredno preko vhodno/izhodnih procesorjev:
 - registri so v posebnem naslovnem prostoru, vendar ta prostor iz CPE ni neposredno dostopen
 - do njega imajo dostop V/I procesorji
 - CPE sporoča zahteve V/I procesorjev, ki poskrbijo za podrobnosti pri izvrševanju prenosov podatkov
- b) Kakšna rešitev je uporabljena pri mikroprocesorju 6802?
- Pomnilniško preslikan V/I.
- c) Ali je vrsta rešitve odvisna od procesorja?
- Je odvisna in sicer zato, ker nima posebnih V/I ukazov in signala, da bi »povedal« kdaj naslavlja V/I registre.
3. Računalnike smo razdelili glede na število eksplicitnih operandov v strojnem ukazu, v pet skupin.
- a) V katero skupino bi uvrstili Motorolo 6802?
- eno-operandni računalniki
- b) Opišite osnovne lastnosti te skupine!
- so računalniki, ki imajo v CPE za shranjevanje operandov en sam (ali včasih dva) akumulator-ja.
 - $AC \leftarrow AC+OP$

$PC \leftarrow PC+1$

- eden od operandov se vedno nahaja v akumulatorju, zato zadošča en eksplicitni operand
4. Pomnilniška hierarhija! (str. 290)
Pomnilniška hierarhija je zaporedje pomnilnikov v katerem vsak pomnilnik komunicira samo s svojim sosedom. Sestavljajo jo pomnilniki M_1, M_2, \dots, M_n . Vsa informacija je vedno shranjena samo na najvišjem nivoju M_n . Predstavljamo si jo lahko kot zamenjavo za glavni pomnilnik.
5. CPE-cevovod-5 segmentov:
- a) Kolikokrat večja je hitrost, kot pri necevovodni CPE?
- Pri idealno uravnoreženi cevovodni CPE z N-stopnjami je zmogljivost N-krat večja, kot pri necevovodni CPE,
 - hitrost je 5-krat večja.
- b) Kakšni so vzroki, da te hitrosti ni možno doseči?
- Strojne narave,
 - paralelnost ukazov \rightarrow čakalne periode.