

**Univerza v Ljubljani
Fakulteta za računalništvo in informatiko**

ZBIRKA NALOG

Kazalo

a.) Pretvorba števil	stran 3
b.) Primerjava dveh računalnikov	stran 8
c.) AMDAHLLOV ZAKON	stran 15
d.) MINIRAČUNALNIKI v osemdesetih letih	stran 17
e.) Primerjava lastnosti med računalniki	stran 19
f.) Kapaciteta vodila, BANDWIDTH	stran 23
g.) SNOV	stran 24

Pretvorba števil

- h.) Predznak in velikost (+/- 127)
- i.) Odmik (- 128, +127)
- j.) 1' komplement (+/- 127)
- k.) 2' komplement (-127, +127)

1. naloga

Desetiško predznačeno število -25 zapišite v osembitni predstavitvi s fiksno vejico v vseh štirih 8 bitnih načinih za predstavitev števil s predznakom. Enako naredite še s številom 33. Števili zapišite v binarnem in heksadecimalnem sistemu. Razmislite, kako poteka seštevanje teh dveh števil (binarno).

Rešitev:

a.) Predznak in velikost

(primer: 10000001 = 1|0000001 = -1), med (-127 ... +128)

Pretvorba v binarno

-25:	33:	
25:2=12 1	33:2=16	1
12:2=6 0	16:2=8	0
6:2=3 0	8:2=4	0
3:2=1 1	4:2=2	0
1:2=0 1	2:2=1	0
	1:2=0	1

$$-25 = \underline{1001\ 1001} (2) = \underline{99} (16)$$

$$33 = \underline{0010\ 0001} (2) = \underline{21} (16)$$

c.) Predstavitev z eniskim komplementom

(zamenjamo nicle in enice) (-127...+127)

$$\text{Primer: } 0|000\ 0001 = 1 \\ 1|111\ 1110 = -1$$

$$25 (10) = 0001\ 1001 (2)$$

$$-25 (10) = 1110\ 0110 (2) = E6 (16)$$

$$33 (10) = 0010\ 0001 (2) = 21 (16)$$

b.) Predstavitev z odmikom (0 255)

$$\begin{matrix} . & . \\ . & . \\ -128 \dots +127 \end{matrix}$$

$$-25 = -25 + 128 = \underline{103} = \underline{0110\ 0111} (2) = \underline{67} (16)$$

$$33 = 33 + 128 = \underline{161} = \underline{1010\ 0001} (2) = \underline{A1} (16)$$

Pretvorba v binarno:

-25:		33:	
103:2=51	1	161:2=80	1
51:2=25	1	80:2=40	0
25:2=12	1	40:2=20	0
12:2=6	0	20:2=10	0
6:2=3	0	10:2=5	0
3:2=1	1	5:2=2	1
1:2=0	1	2:2=1	0
		1:2=0	1

d.) Predstavitev z dvojskim komplementom

(najprej naredimo eniski komplement in nato pristevamo 1)

$$25 (10) = 0001\ 1001 \rightarrow 1110\ 0110 + 1 \text{ (eniski plus ena)} = \\ 1110\ 0111 \text{ (dvojski komplement)}$$

$$\text{[torej: } -25 (10) = 1110\ 0111 (2) = E7 (16)\text{]}$$

$$33 (10) = 0010\ 0001 (2) = 21 (16)$$

2. naloga

Zapišite 8-bitni predznačeni števili 44 in -56 (minus 56) v:

- predstavitvi z odmikom,
- predstavitvi s predznakom in velikostjo,
- v eniškem komplementu
- v dvojiškem komplementu.

Vse rezultate pod a,b,c in d zapišite dvojiško, desetiško in šesnajstiško.

Števili zapisani v dvojiškem komplementu tudi seštejte in vsoto zapišite dvojiško, desetiško in šesnajstiško.

Rešitev:

1a) odmik je lahko 2^{n-1} ali pa $2^{n-1}-1$ za $n = 8$
2 je odmik torej lahko 128 ali 127

$$44 + 128 = 172 = 10101100_{(2)} = AC_{(16)}$$

$$-56 + 128 = 72 = 01001000_{(2)} = 48_{(16)}$$

$$172:2 = 86 \text{ ost } 0$$

$$\begin{array}{l} 86:2 = 43 \text{ ost } 0 \\ 43:2 = 21 \text{ ost } 1 \\ 21:2 = 10 \text{ ost } 1 \\ 10:2 = 5 \text{ ost } 0 \\ 5:2 = 2 \text{ ost } 1 \\ 2:2 = 1 \text{ ost } 0 \\ 1:2 = 0 \text{ ost } 1 \end{array} \uparrow$$

1b) predstavitev s predznakom in velikostjo

$$44 = 00101100_{(2)} = 2C_{(16)}$$

$$-56 = 10111000_{(2)} = B8_{(16)}$$

c) eniški komplement

$$44 = 00101100_{(2)} = 2C_{(16)}$$

$$-56 = 11000111_{(2)} = C7_{(16)}$$

$$56 = 00111000_{(2)} \rightarrow \text{zamenjamo 0 in 1} \rightarrow 11000111$$

1d) dvojiški komplement

$$44 = 00101100_{(2)} = 2C_{(16)}$$

$$-56 = 11001000_{(2)} = C8_{(16)}$$

$$56 = 00111000_{(2)} \rightarrow 11000111 + 1 = 11001000$$

Vsota

$$\begin{array}{r} 44 \ 00101100_{(2)} \\ +(-56) \ 11001000_{(2)} \\ \hline \end{array}$$

$$-12 \ 11110100_{(2)} = F4_{(16)}$$

3. naloga

Zapišite 8-bitni predznačeni števili -33 (minus 33) in 55 v:

- e) predstavitvi z odmikom,
- f) predstavitvi s predznakom in velikostjo,
- g) v eniškem komplementu
- h) v dvojiškem komplementu.

Vse rezultate pod a,b,c in d zapišite dvojiško, desetiško in šesnajstiško.

Števili zapisani v dvojiškem komplementu tudi seštejte in vsoto zapišite dvojiško, desetiško in šesnajstiško.

Rešitev:

1a) odmik je lahko 2^{n-1} ali pa $2^{n-1}-1$ za $n = 8$
2 je odmik torej lahko 128 ali 127

$$\begin{aligned} -33 + 128 &= 95 = 01011111_{(2)} = 5F_{(16)} \\ 55 + 128 &= 183 = 10110111_{(2)} = B7_{(16)} \end{aligned}$$

$$183:2 = 91 \text{ ost } 1$$

$$\begin{array}{l} 91:2 = 45 \text{ ost } 1 \\ 45:2 = 22 \text{ ost } 1 \\ 22:2 = 11 \text{ ost } 0 \\ 11:2 = 5 \text{ ost } 1 \\ 5:2 = 2 \text{ ost } 1 \\ 2:2 = 1 \text{ ost } 0 \\ 1:2 = 0 \text{ ost } 1 \end{array} \quad \uparrow$$

1b) predstavitev s predznakom in velikostjo

$$\begin{aligned} -33 &= 10100001_{(2)} = A1_{(16)} \\ 55 &= 00110111_{(2)} = 37_{(16)} \end{aligned}$$

1c) eniški komplement

$$\begin{aligned} -33 &= 11011110_{(2)} = DE_{(16)} \\ 55 &= 00110111_{(2)} = 37_{(16)} \end{aligned}$$

$$33 = 00100001_{(2)} \rightarrow \text{zamenjamo } 0 \text{ in } 1 \rightarrow 11011110$$

1d) dvojiški komplement

$$\begin{aligned} -33 &= 11011111_{(2)} = DF_{(16)} \\ 55 &= 00110111_{(2)} = 37_{(16)} \end{aligned}$$

$$33 = 00100001_{(2)} \rightarrow 11011110 + 1 = 11011111$$

Vsota

$$\begin{array}{r} (-33) 11011111_{(2)} \\ + 55 00110111_{(2)} \\ \hline 22 00010110_{(2)} = 16_{(16)} \end{array}$$

4. naloga

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:

$$\begin{array}{l}
 011111111111 + 2047 \rightarrow \text{največje desetiško število} \\
 \downarrow \\
 000000000000 + 0 \\
 100000000000 - 0 \\
 \downarrow \\
 111111111111 - 2047 \rightarrow \text{najmanjše desetiško število}
 \end{array}$$

b.) Pri predstavitvi v eniškem komplementu:

$$\begin{array}{l}
 011111111111 + 2047 \rightarrow \text{največje desetiško število} \\
 \downarrow \\
 \underline{000000000000} + 0 \\
 111111111111 - 0 \\
 \downarrow \\
 100000000000 - 2047 \rightarrow \text{najmanjše desetiško število}
 \end{array}$$

c.) Pri predstavitvi v dvojiškem komplementu:

$$\begin{array}{l}
 011111111111 + 2047 \rightarrow \text{največje desetiško število} \\
 \downarrow \\
 000000000000 + 0 \\
 111111111111 - 1 \\
 \downarrow \\
 100000000000 - 2048 \rightarrow \text{najmanjše desetiško število}
 \end{array}$$

5. naloga

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

a) Predznak in velikost:

$$10000111 \quad \text{MSB (bit 7) predznak } +0, -1$$

b) Z odmikom:

$$\begin{array}{l}
 +2^{n-1} = +2^7 = +128 \\
 128 - 7 = 121
 \end{array}$$

$$\text{I. } 01111001 \quad -7 + 2^{n-1} = -7 + 128 = 121; n=8$$

$$\text{II. } 01111000 \quad -7 + (2^{n-1} - 1) = -7 + 127 = 120$$

c) Eniški komplement:

$$\begin{array}{l}
 0000111 + 7 \quad \text{(invertiramo bite pozitivnih števil)} \\
 \downarrow \\
 \underline{0000000} + 0 \\
 1111111 - 0 \\
 \downarrow \\
 1111000 - 7
 \end{array}$$

d) Dvojiški komplement:

$$\begin{array}{r}
 6. naloga \quad 00000111 \rightarrow 11111000 \\
 \underline{\quad\quad\quad 1} \\
 11111001 = -7
 \end{array}$$

Katero je najmanjše in največje predstavljivo desetiško število, ki je predstavljeno s 16-biti?

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

Primerjava dveh računalnikov

- a.) CPI
- b.) MIPS
- c.) CPE
- d.) Kateri računalnik je hitrejši?

11. naloga

2

Primerjati želimo računalnika R1 in R2, ki se razlikujeta v tem, da ima R1 strojne ukaze za operacije v plavajoči vejici (Floating Point - FP), medtem ko jih R2 nima (FP operacije ima realizirane programsko z več ne-FP ukazi). Oba računalnika imata frekvenco ure 400 MHz. Na obeh izvajamo isti program, ki ima naslednjo mešanico ukazov:

Vrsta ukaza	Delež ukazov v programu (p_i)	Trajanje ukaza (število urinih period CPI_i)	
		R1	R2
FP seštevanje	16%	6	20
FP množenje	10%	8	32
FP deljenje	8%	10	66
Ne - FP ukazi	66%	3	3

- a) Izračunajte MIPS za računalnika R1 in R2.
- b) Izračunajte CPE čas izvajanja programa na računalnikih R1 in R2, če ima program 12000 ukazov.
- c) Pri kakšni mešanici ukazov v programu sta oba računalnika R1 in R2 enako hitra?

a.) MIPS

$$\begin{aligned}CPI_{(R1)} &= \sum CPI_{i(R1)} \times P_{i(R1)} = \\ &= 6 \times 0,16 + 8 \times 0,1 + 3 \times 0,66 = \mathbf{4,54}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CPI_{(R2)} &= \dots = \\ &= 20 \times 0,16 + 32 \times 0,1 + 66 \times 0,8 + 3 \times 0,66 = \mathbf{13,66}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}MIPS_{(R1)} &= (400 \times 10^6) / (4,54 \times 10^6) = \mathbf{88,1} \\ MIPS_{(R2)} &= (400 \times 10^6) / (13,66 \times 10^6) = \mathbf{29,28}\end{aligned}$$

b.) CPE čas izvajanja za program z 12.000 ukazov

$$\begin{aligned}CPE_{(R1)} &= CPI_{(R1)} \times 12.000 \times t_{0(CPE)} = \\ &= (CPI_{(R1)} \times 12.000) / f_{(CPE)} = \\ &= 12.000 / (MIPS_{(R1)} \times 10^6) = \mathbf{136,2 \times 10^{-6} s = 0,136 ms}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CPE_{(R2)} &= CPI_{(R2)} \times 12.000 \times t_{0(CPE)} = \\ &= (CPI_{(R2)} \times 12.000) / f_{(CPE)} = \\ &= 12.000 / (MIPS_{(R2)} \times 10^6) = \mathbf{410,0 \times 10^{-6} s = 0,410 ms}\end{aligned}$$

- c.) Pri kakšni mešanici ukazov pri programu sta oba računalnika enaka

Ce bi uporabljali samo ukaze, ki ne uporabljajo plavajoče vejice.

2. naloga

1) Na računalniku s frekvenco urinega signala 250 MHz je v povprečju potrebnih 5 urinih period za en ukaz. Zaradi prekinitev se zmogljivost CPE merjena v MIPS zmanjša za 0,12%. Ugotovite povprečni čas med dvema prekinitvama, če se ob vsaki prekinitvi porabi 48 urinih period za klic prekinitvenega servisnega programa in 27 urinih period za vračanje iz njega.

Frekvenca = 250 MHz

CPI = 5

$$\text{MIPS} = f_{\text{CPE}} / (\text{CPI} \times 10^6) = 50$$

MIPS se zmanjša za 0,12% to je $\rightarrow 50 \times 10^6 \times 0,0012 = 0,06$ je manjši MIPS

$$0,06 \times 10^6 \times \text{CPI} = 0,06 \times 10^6 \times 5 = 0,3 \times 10^6 = 3 \times 10^5 \text{ izgubljenih urinih period na sekundo (skupno)}$$

$$\text{Stevilo prekinitev} = \text{zgubljen cas} / \text{cas na prekinitev} = 3 \times 10^5 / (48+27) = 4000 \text{ v sek}$$

$$\text{Cas prekinitev} = 1/\text{stevilo prekinitev} = 1/4000 = 0,25 \text{ ms.}$$

3. naloga

Povprečno trajanje in dinamična pogostost posameznih vrst operacij na računalniku s frekvenco ure 1,2 GHz (1GHz = 10^9 Hz) je pri izvajanju dveh različnih programov P1 in P2 naslednje:

Vrsta operacije	Trajanje (urine per.)	Pogostost operacij	
		P1	P2
Prenos podatkov	8	30%	35%
ALE	5	20%	40%
Kontrolne	6	10%	12%
Vhodno-izhodne	10	35%	10%
Sistemske	4	5%	3%

- Izračunajte povprečni CPI in MIPS pri izvajanju vsakega programa posebej.
- Izvajanje katerega programa (P1 ali P2) je hitrejše?
- Koliko časa traja ena urina perioda pri tem računalniku?

1a) $\text{CPI}(P1) = 8 \cdot 0.3 + 5 \cdot 0.2 + 6 \cdot 0.1 + 10 \cdot 0.35 + 4 \cdot 0.05 = 2.4 + 1.0 + 0.6 + 3.5 + 0.2 = 7.7$

$$\text{MIPS}(P1) = \frac{f_{\text{CPE}}}{\text{CPI}(P1) \cdot 10^6} = \frac{1200 \cdot 10^6}{7.7 \cdot 10^6} = 155.8$$

$$\text{CPI}(P2) = 8 \cdot 0.35 + 5 \cdot 0.4 + 6 \cdot 0.12 + 10 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.03 = 2.8 + 2.0 + 0.72 + 1 + 0.12 = 6.64$$

$$\text{MIPS}(P2) = \frac{f_{\text{CPE}}}{\text{CPI}(P2) \cdot 10^6} = \frac{1200 \cdot 10^6}{6.64 \cdot 10^6} = 180.7$$

- 3b.) P2

c.) $t_{\text{CPE}} = \frac{1}{f_{\text{CPE}}} = \frac{1}{1.2 \cdot 10^9 \text{ Hz}} = 0.8\bar{3} \cdot 10^{-9} \text{ s} = 0.8\bar{3} \text{ ns} = 833.\bar{3} \text{ ps}$

4. naloga

Povprečno trajanje in dinamična pogostost posameznih vrst operacij na računalniku s frekvenco ure 1,25 GHz (1GHz = 10^9 Hz) je pri izvajanju dveh različnih programov P1 in P2 naslednje:

Vrsta operacije	Trajanje (urine per.)	Pogostost operacij	
		P1	P2
Prenos podatkov	6	30%	35%
ALE	4	20%	40%
Kontrolne	5	10%	12%
Vhodno-izhodne	8	35%	10%
Sistemske	3	5%	3%

- Izračunajte povprečni CPI in MIPS pri izvajanju vsakega programa posebej.
- Izvajanje katerega programa (P1 ali P2) je hitrejše?
- Koliko časa traja ena urina perioda pri tem računalniku?

$$1a.) \text{CPI}(P1) = 6 \cdot 0.3 + 4 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.1 + 8 \cdot 0.35 + 3 \cdot 0.05 = 1.8 + 0.8 + 0.5 + 2.8 + 0.15 = 6.05$$

$$\text{MIPS}(P1) = \frac{f_{CPE}}{\text{CPI}(P1) \cdot 10^6} = \frac{1250 \cdot 10^6}{6.05 \cdot 10^6} = 206.6$$

$$\text{CPI}(P2) = 6 \cdot 0.35 + 4 \cdot 0.4 + 5 \cdot 0.12 + 8 \cdot 0.1 + 3 \cdot 0.03 = 2.1 + 1.6 + 0.6 + 0.8 + 0.09 = 5.19$$

$$\text{MIPS}(P2) = \frac{f_{CPE}}{\text{CPI}(P1) \cdot 10^6} = \frac{1250 \cdot 10^6}{5.19 \cdot 10^6} = 240.8$$

1b.) P2

$$c.) t_{CPE} = \frac{1}{f_{CPE}} = \frac{1}{1.25 \cdot 10^9 \text{ Hz}} = 0.8 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 0.8 \text{ ns} = 800 \text{ ps}$$

5. naloga

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:

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

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

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

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

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

$$\text{Zmanjšanje MIPS-ov zaradi prekinitve:} \\ MIPS_1 = MIPS - (250\,000) \div (5 \times 10^6) = 26,6 - 0,05 = 26,55$$

$$CPI_1 = f_{CPE} \div (MIPS_1 \times 10^6) = (133 \times 10^6) \div (26,55 \times 10^6) = 5,009$$

$$CPE_{\check{C}AS1} = N \times CPI_1 \times t_{CPE} = 2 \times 10^5 \times 5,009 \times 7,52 \times 10^{-9} \text{ [s]} = 7,53 \text{ [ms]}$$

6. naloga

PC: LOOP:NOP	3 urine periode
↑	
JMP LOOP	15 urinih period
2 ukaza	18 urinih period

$$\text{Povprečno število ciklov za ukaz: } CPI = 18 \div 2 = 9 \\ f_{CPE} = 166 \text{ MHz} = 166 \times 10^6 \text{ Hz}$$

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

Računalnik v eni sekundi izvede 18 milijonov 44 ukazov.

7. naloga

LOOP:DIV BX	165 urinih period
↑	
JMP LOOP	15 urinih period
2 ukaza	180 urinih period → CPI=90

$$f_{CPE} = 166 \text{ MHz}$$

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

8. naloga

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 $f_{CPE} = 200 \text{ MHz}$

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

c) CPE-čas tega programa

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

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

9. naloga

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

-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: $t_p = 1 \div \text{št. prekinitev v sek.} = 1 \div 2000 \text{ prekinitev/sek.} = 0,5 \times 10^{-3} \text{ [s]} = 0,5 \text{ [ms]}$

10. naloga

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:

a) CPE ne sprejme nobene prekinitve,

b) CPE sprejme prekinitev vsakih 500×10^{-6} sek.?

Rešitev:

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

a) CPI=4 urine periode

b) ???

11. naloga

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 $90 \text{ urinih period} \times 1000 = 90\,000$ urinih period v eni sekundi.
- Izračunamo MIPS-e pri delovanju računalnika brez prekinitev:
 $\text{MIPS} = f_{CPE} \div (\text{CPI} \times 10^6) = (100 \times 10^6) \div (5 \times 10^6) = 20$
- Izračunamo še MIPS-e pri delovanju računalnika s prekinitvami:
 $f_{CPE \text{ IRQ}} = 100 \times 10^6 - 90\,000 = 99,91 \times 10^6$
 $\text{MIPS}_{\text{IRQ}} = (f_{CPE \text{ IRQ}}) \div (\text{CPI} \times 10^6) = (99,91 \times 10^6) \div (5 \times 10^6) = 19,982$
 $\text{CPI}_{\text{IRQ}} = f_{CPE} \div (\text{MIPS}_{\text{IRQ}} \times 10^6) = (100 \times 10^6) \div (19,982 \times 10^6) = 5,0045$
- Trajanje ukaza se poveča za: $\text{CPI}_{\text{IRQ}} \div \text{CPI} = 5,0045 \div 5 = 1,0009$; približno 0,9%.
- Prekinitve zasedejo ravno toliko časa, kolikor se zmanjša MIPS:
 $\text{MIPS}_{\text{IRQ}} \div \text{MIPS} = 19,982 \div 20 = 0,9991$

Prekinitve zasedejo približno 0,9% zmogljivosti našega računalnika.

12. naloga

Imamo računalnik z naslednjimi lastnostmi:

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

Kolikšen je čas med dvema prekinitvama?

$$\text{MIPS}_1 = f_{CPE} \div (CPI_1 \times 10^6) = (90 \times 10^6) \div (6 \times 10^6) = 15$$

$$\text{MIPS}_2 = 0,9 \times \text{MIPS}_1 = 13,5$$

↓

(ker se MIPS zmanjša za 10%)

▪ **Izračunamo povprečni CPI:**

$$CPI = f_{CPE} \div (\text{MIPS}_2 \times 10^6) = (90 \times 10^6) \div (13,5 \times 10^6) = 6,66$$

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

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

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

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

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

$$x \dots 1 \dots x = 98,3 \div 1,7 = 57,82$$

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].

AMDAHLOV ZAKON

- a.) $S(N)$... skupno povprečje hitrosti računalnika npr. 2,5
b.) N ... enota hitrosti, »...__krat hitrejši...« npr. 20
c.) $1-f$... v kolikšnem **procentu** celotnega računalniškega časa se mora ta enota uporabljati npr. $0,502 * 100 \Rightarrow 50,2 \%$
d.) f ... delež informaciji, ki se ne spreminjajo

1. naloga

Delovanje računalnika želimo pohitriti z dodatno enoto za računanje v plavajoči vejici. Ta enota je 20 krat hitrejša kot je izvajanje istih operacij brez nje. V kolikšnem procentu celotnega računalniškega časa se mora ta enota uporabljati, da bo skupno povečanje hitrosti računalnika 2,5 kratno?

Skupna pohitritev sistema $S(N) = N / (1 + (N - 1) \times f)$

(f – nepohitrilen del, torej ukazi ki ne delajo s plavajoco vejico. Mi iscemo $1-f$, torej delež operacij ki se pohitrijo)

Enacbo premečemo in dobimo:

$$1 - f =$$

$$1 - [(N - S(N)) / S(N) \times (N-1)] =$$

$$1 - [(20 - 2,5) / (2,5 \times 19)] = 0,63$$

Ta enota se mora uporabljati 63% da bo delovanje racunalnika 2,5x hitrejse.

2. naloga

10x pohitrimo 90% vseh operacij v računalniku
10% operaciji ostane ne pohitrenih

Koliko hitro deluje celoten računalnik?

$$N = 10$$

$$f = 10\% = 0,1$$

$$1-f = 90\% = 0,9$$

$$S(N) = ?$$

Rešitev:

$$S(N) = 1 / (0,1 * (0,9/10)) = 1 / 0,19 = \mathbf{5,26}$$

Delovanje celotnega računalnika se pohitri 5.26 krat.

3. naloga

$$N = \infty$$

Rešitev:

$$S(N) = 1 / (0,1 * (0,9/\infty)) = 1 / 0,1 = \mathbf{10x}$$

4. naloga

$$N=20$$

$$S(N)=2$$

f=delež, ki ga ne pohitrino _____

1-f=? delež, ki ga pohitrino

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

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

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

5. naloga

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 pohitrino _____

(1-f)=? delež, ki ga pohitrino

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

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

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

MINIRAČUNLANIKI v osemdesetih letih

- a.) Velikost naslovesga prostora?
- b.) Največji možni pomnilnik?
- c.) Koliko dolg mora biti programski števec (PC)?
- d.) Kaj vse bi bilo potrebno v računalniku spremeniti, če bi želeli naslovni prostor povečati?
npr. $0,502 * 100 \Rightarrow 50,2 \%$

31. naloga

1) Miniračunalniki v osemdesetih letih (npr. DEC PDP-11) so imeli 18 naslovnih signalov in seveda 18-bitno naslovno vodilo. Odgovorite:

- 1a) Kolikšen je bil naslovni prostor teh računalnikov?
- 2b) Kolikšen je bil lahko največji možni pomnilnik teh računalnikov v Bajtih, če je bila pomnilniška beseda dolga 1 Bajt?
- 3c) Kako dolg je moral biti programski števec (PC) teh računalnikov?
- 4d) Kaj vse bi bilo potrebno v računalniku spremeniti, če bi želeli naslovni prostor 8-krat povečati?
 - a. $2^{18} = 2^8 \times 2^{10} = 256K$
 - b. 256 KB
 - c. 18 (za vsak naslovni signal en bit)
 - d. Vodilo povečamo za 3 bite (2^3), programski stevec za 3 bite (2^3), naslovna polja spremeniti tako, da bi lahko naslavljali cez cel naslovni prostor

2. naloga

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 $2^{32} \times 1 \text{ bajt} = 4GB$

3. naloga

Mikroračunalniki v osemdesetih letih so imeli 18 naslovnih signalov in 18-bitno naslovno vodilo.

- a) Kolikšen je bil naslovni prostor teh računalnikov?
 $2^{18} = 2^{10} \times 2^8 = 1K \times 256 = 256K$
- b) Kolikšen je največji možni pomnilnik teh računalnikov v bajtih, če je bila pomnilniška beseda dolga 2 bajta?
 $2^{18} \text{ pomnilniških besed} = 2 \times 2^{18} B = 2 \times 2^8 \times 2^{10} = 512KB$
- c) Kako dolg je bil programski števec teh računalnikov?

18 bitov

4. naloga

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} naslovov=1M 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 \rightarrow naslov ukaza

Primerjava lastnosti med računalniki

- a.) Računalnik z enim akumulatorjem
- b.) Skladovni računalnik
- c.) Pomnilniško – pomnilniški računalnik
- d.) Registrsko – registrski računalnik

41. naloga

Primerjajte lastnosti naslednjih štirih vrst računalnikov pri računanju enostavnega izraza $A = B + C$, ki ga prevedemo v zbirni jezik. Vzemimo, da so operandi A, B in C v pomnilniku.

- a) Računalnik z enim akumulatorjem (1 - operandni računalnik, ukazi LOAD, STORE, ADD).
- b) Skladovni računalnik (brezoperandni računalnik, ukazi PUSH, POP, ADD).
- c) Pomnilniško - pomnilniški računalnik (3 - operandni računalnik, vsi trije operandi so v pomnilniku, ukaz ADD).
- d) Registrsko - registrski računalnik (3 - operandni LOAD/STORE računalnik, ukazi LOAD, STORE, ADD).

Pri vseh štirih računalnikih velja:

- Operacijska koda je 8 - bitna,
- pomnilniški naslov je 16 - biten,
- vsi operandi so 32 - bitni,
- Registrsko - registrski računalnik ima 16 registrov.

Rešitve:

a.) Računalnik z enim akumulatorjem

```
LOAD      B
ADD       C
STORE A
```

Trije ukazi v zbirnem jeziku.

Op. Koda	naslov
8bit	16bit

Vsak ukaz je dolg 24 bitov = 3 bajte, ker imamo 3 ukaze je program dolg 9baj.

3x dostopamo do ukazov, 3x dostopamo do operandov.

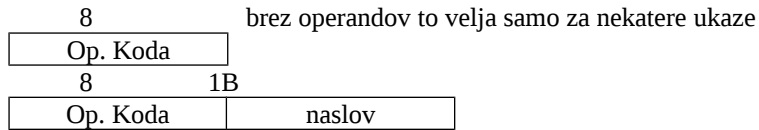
Skupaj imamo 6 dostopov.

Prenos: prenesli smo 9 bajtov za program plus vsi operandi, torej trije prenosi po 32 bitov = 4 bajte, torej $3 \times 4 = 12$ bajtov. Skupaj 21 bajtov.

b.) Skladovni računalnik

PUSH, POP, ADD

- format ukazov:

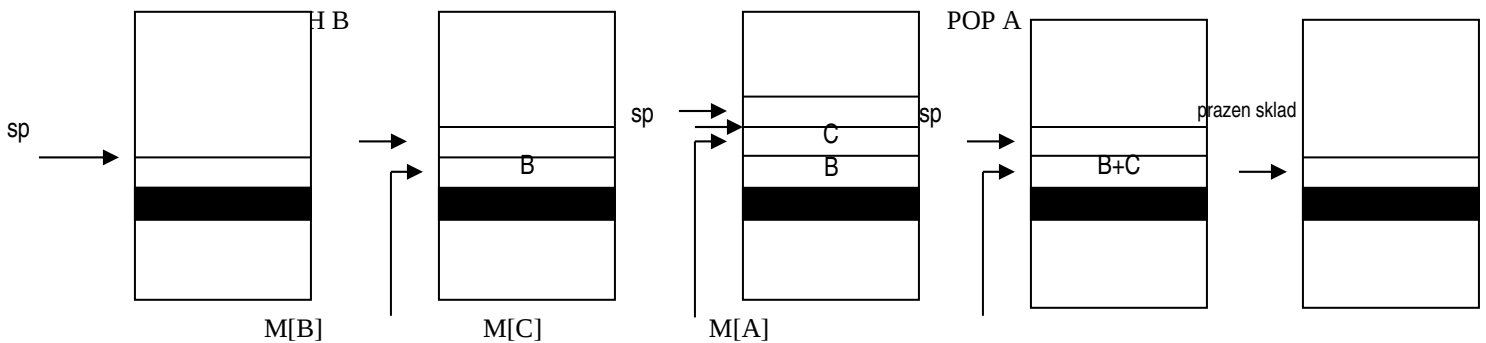


ADD = 8b

PUSH/POP = 3B

- program

PUSH B



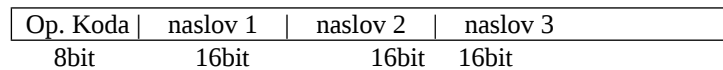
Statistika:

- ukazov: 4
- dolžina programa: $3 \times 3B + 1 \times 1B = 10B$
- dostop do programa = $4 \times n$ (naslovi) + $3 \times o$ (operandi) = 7
- prenesenih Bitov = $10B(n) + 12B(o)$ ($(3 \text{ op} * 4b = 12B) = 22B$)

c.) Pomnilnisko pomnilniski računalnik

ADD B, C, A

En ukaz v zbirnem jeziku.



Ukaz je dolg 56 bitov = 7 bajtov. Program je dol 7 bajtov

1x dostop za ukaz, 3x dostop za operande.

Skupaj 4 dostope.

Prenos: 7 bajtov za program in 12 bajtov za podatke, 19 prenesenih bajtov.

d.) Registrsko registrski računalnik

LOAD	R1,B	18bit
LOAD	R2,C	18bit
ADD	R3,R1,R2	20bit
STORE	R3,A	18bit

Stirje ukazi v zbirnem jeziku.

LOAD/STORE ukazi:

Op. Koda	naslov	naslov registra
8bit	16bit	4bit

ADD ukazi:

Op. Koda	naslov registra	naslov registra	naslov registra
8bit	4bit	4bit	4bit

Program je dolg 104bit = 13 bajtov

4x dostop za ukaze in 3x za podatke

Skupaj 7 dostopov.

Prenos: 13 bajtov za program in 12 bajtov za podatke, skupaj 25 bajtov.

2. naloga

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
```

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

3. naloga

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 \leftrightarrow pomnilnik = 320 Mbitov/s = 40 MB/s.

a) Eno-operandni računalnik:

```
LOAD      B
ADD       C
STORE    A
3×8+3×16=72bitov=9bajtov=9B
```

- Število dostopov do pomnilnika:
3-krat ukazi+3-krat operand
↓
(2-krat branje+1-krat pisanje)
- Število prenesenih Bajtov CPE \leftrightarrow pomnilnik
 $9B + 3 \times 32 \text{ bitov} = 9B + 12B = 21B$
- Čas prenosa v [μ s]:
 $40 \text{ MB/s} = 40 \times 10^6 \text{ B/s}$ (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
4×8+3×16=4×1bajt+3×2bajta=4+6=10bajtov=10B
```

- Število dostopov do pomnilnika:
4-krat ukazi+3-krat operandi
- Število prenesenih Bajtov CPE \leftrightarrow 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
1×8+3×16=1×1bajt+3×2bajta=1bajt+6bajtov=7bajtov
```

- Število dostopov do pomnilnika:

d) Registrsko-registrski 3-operandni računalnik:

```
LOAD     R2, B
LOAD     R3, C
ADD      R1, R2, R3
STORE   A, R1
4×8+3×16+6×3=98bitov=13B
```

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

1-krat ukaz+3-krat operand

Število prenesenih Bajtov CPE ↔ pomnilnik:

Kapaciteta vodila, BANDWIDTH

1. naloga

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

Pri prenosu deluje vodilo s frekvenco ure 66 MHz. Vsak prenos traja dve urini periodi, širina podatkovnega dela vodila pa je 32 bitov. Izračunajte kapaciteto vodila v bajtih na sekundo ($1\text{M} = 10^6$)

$$B = \text{število prenosov / s} * \text{širina vodila} = \frac{\text{frekvenca_vodila}}{\text{ur.per / prenos}} * \text{širina_vodila}$$

$$B = \frac{66 * 10^6 \text{ Hz}}{2} * 32 \text{ bit} = 33 * 10^6 / \text{s} * 4 \text{ B} = 132 \text{ MB / s}$$

2. naloga

Pri prenosu deluje vodilo s frekvenco ure 66 MHz. Vsak prenos traja dve urini periodi, širina podatkovnega dela vodila pa je 64 bitov. Izračunajte kapaciteto vodila v bajtih na sekundo ($1\text{M} = 10^6$)

$$B = \text{število prenosov / s} * \text{širina vodila} = \frac{\text{frekvenca_vodila}}{\text{ur.per / prenos}} * \text{širina_vodila}$$

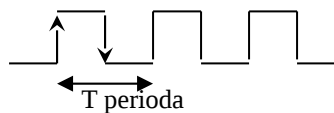
$$B = \frac{66 * 10^6 \text{ Hz}}{2} * 64 \text{ bit} = 33 * 10^6 / \text{s} * 8 \text{ B} = 264 \text{ MB / s}$$

3. naloga

Pri prenosu deluje vodilo s frekvenco ure 66 MHz. Vsak prenos traja eno urino periodo, širina podatkovnega dela vodila pa je 32 bitov. Izračunajte kapaciteto vodila v bajtih na sekundo ($1\text{M} = 10^6$)

$f_{\text{ure}} = 66 \text{ MHz} = 66 * 10^6 \text{ period/sek}$
širina vodila = 32 bitov : 8 = 4 Bajti
32-bitno PC vodilo

URIN SIGNAL



pozitivna fronta negativna fronta

$$B = \text{število prenosov / s} * \text{širina vodila} = 66 * 10^6 * 32 \text{ bitov} = 66 * 10^6 * 4 \text{ B} = 264 * 10^6 \text{ B/s} = 264 \text{ MB/s}$$

1. naloga

V katero skupino bi uvrstili procesor MOTOROLA 68HC11?

- a.) Po Flynnovi klasifikaciji,
- b.) Glede na število eksplicitnih operandov v strojnih ukazih.

Rešitev:

- a.) SISD
 - b.) Enooperandni procesor
-

2. naloga

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.
-

3. naloga

Pri naslovnem prostoru za registre V/I krmilnikov se uporablja več različnih rešitev.

a) Naštejte 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.

4. naloga

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

5. naloga

Pomnilniška hierarhija!

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.

6. naloga

CPE-cevovod-5 segmentov:

a) Kolikokrat večja je hitrost, kot pri necevovodni CPE?

- Pri idealno uravnoteženi 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 → čakalne periode.

