

ARHITEKTURA I ORGANIZACIJA RAČUNARA 2

PERFORMANSE



1

Katedra za računarstvo
Elektronski fakultet u Nišu
Univerzitet u Nišu

ZADATAK 1

- Za mašinu tipa NAPUNI - ZAMPATI (*Load - Store*) za koju je smeša naredbi dobijena merenjem prikazana u tablici razvijamo optimizirajuću kompilator. Kompilator eliminiše 50% ALU instrukcija dok se broj osnovnih instrukcija ne smanjuje. Ukoliko je perioda taktnog signala 2ns uporediti vremena izvršenja i MIPS (Million Instructions Per Second) vrednosti neoptimizovanog i optimizovanog koda. Da li se poređenja kodova po vremenu izvršenja i MIPS vrednostima slažu. Objasniti.

Tip instukcije	Učestanost	Br. ciklusa takta
ALU	43%	1
LOAD	21%	2
STORE	12%	2
Grananje	24%	2

ZADATAK 1

$$T = N \cdot CPI \cdot T_c$$

$T \rightarrow$ vreme rada procesora,

$N \rightarrow$ broj instrukcija,

$CPI \rightarrow$ broj ciklusa po instrukciji,

$T_c \rightarrow$ perioda takta procesora.

$$MIPS = \frac{N}{T \cdot 10^6}$$

$MIPS \rightarrow$ Million Instructions Per Second,

$N \rightarrow$ broj instrukcija,

$T \rightarrow$ vreme izvršenja.

$$T_c = 2ns$$

ZADATAK 1

I varijanta (neoptimizovano):

$$CPI_s = 0.43 \cdot 1 + (0.21 + 0.12 + 0.24) \cdot 2 = 1.57$$

$$T_s = N_s \cdot CPI_s \cdot T_c = N_s \cdot 1.57 \cdot 2ns = 3.14 \cdot N_s \text{ ns}$$

$$MIPS_s = \frac{N_s}{T_s \cdot 10^6} = \frac{N_s}{3.14 \cdot N_s \cdot 10^{-9} \cdot 10^6} = 318.47$$

ZADATAK 1

II varijanta (optimizovano):

$$N_n = N_s - 0.5 \cdot 0.43 \cdot N_s = \mathbf{0.785 \cdot N_s}$$

→ 50% *manje ALU instrukcija*

$$ALU: \frac{0.5 \cdot 0.43 \cdot N_s}{0.785 \cdot N_s} \cdot 100\% \approx 27\%$$

$$LOAD: \frac{0.21 \cdot N_s}{0.785 \cdot N_s} \cdot 100\% \approx 27\%$$

$$STORE: \frac{0.12 \cdot N_s}{0.785 \cdot N_s} \cdot 100\% \approx 15\%$$

$$Grananje: \frac{0.24 \cdot N_s}{0.785 \cdot N_s} \cdot 100\% \approx 31\%$$

$$ALU + LOAD + STORE + Grananje = 100\%$$

obratiti pažnju da je zbir uvek 100% !!!

ZADATAK 1

$$CPI_n = 0.27 \cdot 1 + (0.27 + 0.15 + 0.31) \cdot 2 = 1.73$$

$$T_n = 0.785 \cdot N_s \cdot 1.73 \cdot T_c = 2.72 \cdot N_s \text{ ns}$$

$$MIPS_n = \frac{N_n}{2.72 \cdot N_s \cdot 10^{-9} \cdot 10^6} = 288.60$$

Ne slažu se poređenja.

Kod druge varijante vreme izvršenja (T_n) je kraće a ($MIPS_n$) je manji (manje instrukcija po sekundi).

MIPS nije pouzdana mera!!!

U ovom slučaju posmatra se **vreme izvršenja** tako da je druga varijanta brža.

ZADATAK 2

Računar A izvršava neki program za $10s$, računar B izvršava isti program za $15s$. Za koliko procenata je računar A brži od računara B?

$$\begin{aligned}T_A &= 10s \\ T_B &= 15s\end{aligned}$$

Za koliko procenata je računar A brži od računara B:

$$\frac{|V_A - V_B|}{V_B} \cdot 100\% = \left(\left| \frac{V_A}{V_B} - 1 \right| \right) \cdot 100\% = \left(\left| \frac{T_B}{T_A} - 1 \right| \right) \cdot 100\% = 0.5 \cdot 100\% = 50\%$$

Za koliko procenata je računar B sporiji od računara A:

$$\frac{|V_B - V_A|}{V_A} \cdot 100\% = \left(\left| \frac{V_B}{V_A} - 1 \right| \right) \cdot 100\% = \left(\left| \frac{T_A}{T_B} - 1 \right| \right) \cdot 100\% = \left| \frac{10}{15} - 1 \right| \cdot 50\% = 33\%$$

ZADATAK 3

Četiri takmičara treba da pređu put dužine 80km podeljen u dve deonice A i B. Deonica A dužine je 50km . Deonicu A takmičari prelaze pešaka brzinom $5\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Drugu deonicu prvi takmičar prelazi automobilom brzinom $120\frac{\text{km}}{\text{h}}$, drugi kamionom brzinom $60\frac{\text{km}}{\text{h}}$, treći biciklom brzinom $20\frac{\text{km}}{\text{h}}$ a četvrti nastavlja pešaka brzinom $5\frac{\text{km}}{\text{h}}$. Koliko će puta prvi takmičar stići na cilj brže od poslednjeg takmičara?

ZADATAK 3

Takmičar	Časova za deonicu A	Časova za deonicu B	Povećanje brzine na B	Povećanje brzine na A + B
4	10	$\frac{30}{5} = 6$	$\frac{6}{6} = 1$	1
3	10	$\frac{30}{20} = 1.5$	$\frac{6}{1.5} = 4$	$\frac{16}{10 + 1.5} = 1.39$
2	10	$\frac{30}{60} = 0.5$	$\frac{6}{0.5} = 12$	$\frac{16}{10 + 0.5} = 1.52$
1	10	$\frac{30}{120} = 0.25$	$\frac{6}{0.25} = 24$	$\frac{16}{10 + 0.25} = 1.56$

Vreme najsporijeg takmičara

Prvi takmičar će na cilj stići brže 1.56 puta.

ZADATAK 3

Takmičar	Časova za deonicu A	Časova za deonicu B	Povećanje brzine na B	Povećanje brzine na A + B
4	10	$\frac{30}{5} = 6$	$\frac{6}{6} = 1$	1
3	10	$\frac{30}{20} = 1.5$	$\frac{6}{1.5} = 4$	$\frac{16}{10 + 1.5} = 1.39$
2	10	$\frac{30}{60} = 0.5$	$\frac{6}{0.5} = 12$	$\frac{16}{10 + 0.5} = 1.52$
1	10	$\frac{30}{120} = 0.25$	$\frac{6}{0.25} = 24$	$\frac{16}{10 + 0.25} = 1.56$

Vreme najsporijeg takmičara

Prvi takmičar će na cilj stići brže 1.56 puta.

Maksimalno povećanje brzine bi bilo 1.60 $\rightarrow \frac{16}{10+0.0}$ kada je brzina na B ∞ .

Amdalov zakon:

$$PB_U = \frac{1}{1 - PD + \frac{PD}{PB_{PD}}}$$

$PB_U \rightarrow$ ukupno poboljšanje,

$PD \rightarrow$ poboljšani deo,

$PB_{PD} \rightarrow$ poboljšanje brzine u delu sa poboljšanjem.

ZADATAK 4

Zahvaljujući poboljšanjima novi računar obavlja neku aktivnost 10 puta brže nego stari. Ako se ova aktivnost javlja u 40% vremena rada računara, koliko je ukupno povećanje brzine rada računara?

$$\begin{aligned}PB_{PD} &= 10 \\ PD &= 0.4\end{aligned}$$

$$PB_U = \frac{1}{1 - PD + \frac{PD}{PB_{PD}}} = \frac{1}{1 - 0.4 + \frac{0.4}{10}} = \frac{1}{0.6 + 0.04} = \frac{1}{0.64} = 1.56$$

ZADATAK 5

Pojavila se mogućnost da se upetostruči brzina centralnog procesora upetostručavanjem pritom njegove cene. Ako se centralni procesor koristi 50% vremena a 50% je U/I i ako cena procesora iznosi 1/3 ukupne cene celog računara, da li je ovo dobra investicija sa stanovišta odnosa cena/performanse.

$$PB_{PD} = 5$$

$$PD = 0.5$$

$$PB_U = \frac{1}{1 - PD + \frac{PD}{PB_{PD}}} = \frac{1}{1 - 0.5 + \frac{0.5}{5}} = \frac{1}{0.6} = 1.67 \rightarrow \text{poboljšanje brzine}$$

$$C = C_{cp} + C_{ost}$$

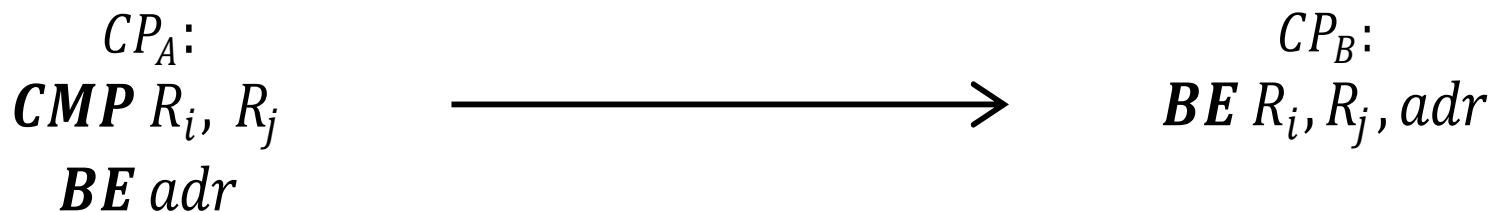
$$C_s = C_{cp} + C_{ost} = \frac{1}{3}C_s + \frac{2}{3}C_s$$

$$C_n = C_{ncp} + C_{ost} = 5 \cdot \frac{1}{3}C_s + \frac{2}{3}C_s = 2.33C_s \rightarrow \text{povećanje cene}$$

Nije dobra investicija jer je povećanje cene veće nego povećanje brzine.

ZADATAK 6

- Razmotrimo sledeće dve alternative za realizaciju uslovne naredbe grananja kod dva procesora CP_A i CP_B . Kod procesora CP_A kod uslova postavlja se naredbom poređenja iza koje mora slediti naredba grananja. Kod procesora CP_B poređenje je uključeno u naredbu grananja. Kod oba procesora naredba uslovnog grananja traje 2 periode takta, dok sve ostale naredbe traju 1 periodu takta. Kod CP_A 20% svih izvršenih naredbi su naredbe uslovnog grananja. Pridružene naredbe poređenja čine sledećih 20% izvršavanih naredbi. Poznato je da je perioda takta CP_B za 25% duža od periode takta CP_A . Koji procesor je brži?



ZADATAK 6

$$T = N \cdot CPI \cdot T_c$$

$T \rightarrow$ vreme rada procesora,
 $N \rightarrow$ broj instrukcija,
 $CPI \rightarrow$ broj ciklusa po instrukciji,
 $T_c \rightarrow$ perioda takta procesora

ZADATAK 6

$$CPI_A = 0.2 \cdot 2 + (1 - 0.2) \cdot 1 = 1.2$$

$$T_A = N_A \cdot CPI_A \cdot T_{CA} = \mathbf{1.2 \cdot N_A \cdot T_{CA}}$$

$$T_{CB} = \mathbf{1.25} \cdot T_{CA} \rightarrow \text{takt } CP_B$$

$$N_B = N_A - 0.2 \cdot N_A = 0.8 \cdot N_A$$

$$\text{grananje} \rightarrow \frac{0.2 \cdot N_A}{N_B} \cdot 100\% = \frac{0.2 \cdot N_A}{0.8 \cdot N_A} \cdot 100\% = 25\%$$

$$CPI_B = 0.25 \cdot 2 + (1 - 0.25) \cdot 1 = 1.25$$

$$T_B = N_B \cdot CPI_B \cdot T_{CB} = 0.8 \cdot N_A \cdot 1.25 \cdot 1.25 \cdot T_{CA} = \mathbf{1.25 \cdot N_A \cdot T_{CA}}$$

!!! Pošto je $T_A < T_B$ zaključujemo da je prvi procesor brži po vremenu izvršenja.

ZADATAK 6

- Pošto je video rezultate analize, projektant je ustanovio da se razlika u periodu takta CP_A i CP_B iz prethodnog zadatka može svesti na 10% . Koji procesor je brži?

$$T_{CB} = 1.1 \cdot T_{CA} \rightarrow \text{takt } CP_B$$

$$\begin{aligned} T'_B &= N_B \cdot CPI_B \cdot T_{CB} = 0.8 \cdot N_A \cdot 1.25 \cdot 1.1 \cdot T_{CA} \\ &= 1.1 \cdot N_A \cdot T_{CA} \end{aligned}$$

Sada je $T'_B < T_A$ pa je drugi procesor brži !!!

ZADATAK 7

- Dat je računar koji koristi NAPUNI – ZAPAMTI (*LOAD - STORE*) arhitekturu. U tablici su date učestanosti pojedinih naredbi i odgovarajuća trajanja naredbi izražene brojem periode kloka. Poznato je da 25% ALU naredbi jednokratno koristi operande iz napunjenih registra. Ovoj arhitekturi dodate su ALU naredbe koje imaju jedan izvorišni operand u memoriji. Ove nove, registarsko – memorijske naredbe, traju 2 periode kloka. Ukoliko ovakva izmena povećava broj perioda kloka za naredbe grananja na 3, ali ne utiče na trajanje periode kloka (ovo je uzrokovano nekim osobenostima protočne organizacije procesora), da li bi time ukupne performanse bile povećane?

ZADATAK 7

Tip instukcije	Učestanost	Br. ciklusa takta
ALU	43%	1
LOAD	21%	2
STORE	12%	2
Grananje	24%	2

LD R_2, adr
ADD R_1, R_2
↓
ADD R_1, adr

$$CPI_S = 0.43 \cdot 1 + (0.21 + 0.12 + 0.24) \cdot 2 = 1.57$$

$$T_S = N_S \cdot CPI_S \cdot T_C = 1.57 \cdot N_S \cdot T_C$$

ZADATAK 7

Tip instukcije	Učestanost	Br. ciklusa takta
ALU	43%	1
LOAD	21%	2
STORE	12%	2
Grananje	24%	2

LD R_2, adr
ADD R_1, R_2
 ↓
ADD R_1, adr

- 25% ALU naredbi biće R - M (registarsko - memorijske) naredbe (2 periode takta).
- 75% ALU naredbi biće R – R (registarsko – registarske)
 - naredbe (one naredbe koje su preostale).

$$N_N = N_S - 0.25 \cdot 0.43 \cdot N_S = 0.8925 \cdot N_S$$

$$ALU (R - R) \rightarrow \frac{0.75 \cdot 0.43 \cdot N_S}{0.8925 \cdot N_S} \cdot 100\% = 36\%, \quad 1 \text{ takt}$$

$$ALU (R - M) \rightarrow \frac{0.25 \cdot 0.43 \cdot N_S}{0.8925 \cdot N_S} \cdot 100\% = 12\%, \quad 2 \text{ takta}$$

$$LOAD \rightarrow \frac{0.21 \cdot N_S - 0.25 \cdot 0.43 \cdot N_S}{0.8925 \cdot N_S} \cdot 100\% = 11.5\%, \quad 2 \text{ takta}$$

**Imamo manji broj LOAD naredbi zato što smo uveli R – M naredbe.*

ZADATAK 7

Tip instukcije	Učestanost	Br. ciklusa takta
ALU	43%	1
LOAD	21%	2
STORE	12%	2
Grananje	24%	2

LD R_2, adr
ADD R_1, R_2
 ↓
ADD R_1, adr

$$STORE \rightarrow \frac{0.12 \cdot N_S}{0.8925 \cdot N_S} \cdot 100\% = 13.5\%, \quad 2 \text{ takta}$$

$$Grananje \rightarrow \frac{0.24 \cdot N_S}{0.8925 \cdot N_S} \cdot 100\% = 27\%, \quad 3 \text{ takta}$$

$$CPI_N = 0.36 \cdot 1 + (0.12 + 0.115 + 0.135) \cdot 2 + 0.27 \cdot 3 = 1.91$$

$$T_N = N_N \cdot CPI_N \cdot T_C = 0.8925 \cdot N_S \cdot 1.91 \cdot T_C = 1.70 \cdot N_S \cdot T_C$$

Pošto je $T_S < T_N$ zaključujemo da je prvo rešenje bolje.

ZADATAK 8

- Na nekom računaru merenjem su nađene (dinamičke) učestanosti pojavljivanja pojedinih grupa naredbi navedenih u tablici. Kod ALU (R - M) naredbi memorijski operand je u 75% slučajeva izvorni operand, u 25% slučajeva je odredišni operand. Meren je i broj obraćanja ALU (R - M) naredbi neizmenjenim izvornim memorijskim operandima. U 25% aktivnih operanada obraćanje je jednokratno, u 55% aktivnih operanada obraćanje je dvokratno a u 20% aktivnih operanada obraćanje je trokratno. Ispitati mogućnost da se ALU (R - M) naredbe zamene naredbama punjenja i pamćenja i ALU (R - R) naredbama. Da li bi time performanse bile poboljšane? Koliko?

ZADATAK 8

Tip instukcije	Učestanost	Br. ciklusa takta
ALU (R - R)	20%	1
ALU (R - M)	28%	2
LOAD	12%	2
STORE	8%	2
Upravljačke	22%	2
Ostale	10%	2

ADD <i>adr1</i> , R_1 , R_2 ↓ ADD R_3 , R_1 , R_2 ST <i>adr1</i> , R_3	25% slučajeva je odredišni operand	Odredišni operand
ADD R_4 , R_5 , <i>adr2</i> ↓ LD <i>R_6</i> , <i>adr2</i> ADD R_4 , R_5 , <i>R_6</i>	75% slučajeva izvorišni operand	Jednokratno 25%
SUB R_7 , R_6 , <i>adr3</i> MUL R_9 , <i>adr3</i> , R_{10} ↓ LD <i>R_{11}</i> , <i>adr3</i> SUB R_7 , R_8 , <i>R_{11}</i> MUL R_9 , <i>R_{11}</i> , R_{10}	75% slučajeva izvorišni operand	Dvokratno 55%
.....	75% slučajeva izvorišni operand	Trokratno 20%

ZADATAK 8

Tip instukcije	Učestanost	Br. ciklusa takta
ALU (R - R)	20%	1
ALU (R - M)	28%	2
LOAD	12%	2
STORE	8%	2
Upravljačke	22%	2
Ostale	10%	2

$$CPI_S = 0.2 \cdot 1 + (1 - 0.2) \cdot 2 = 1.8$$

$$T_S = 1.8 \cdot N_S \cdot T_C$$

$$N_N = N_S + N_{LoadN} + N_{StoreN}$$

$$N_{StoreN} = 0.28 \cdot 0.25 \cdot N_S = 0.07 \cdot N_S$$

$$N_{LoadN} = 0.28 \cdot N_S \cdot 0.75 \cdot \left(0.25 + \frac{0.55}{2} + \frac{0.20}{3}\right) = 0.12425 \cdot N_S$$

$$N_N = N_S + N_{LoadN} + N_{StoreN} = N_S + 0.12425 \cdot N_S + 0.07 \cdot N_S = 1.19425 \cdot N_S$$

ZADATAK 8

$$ALU \rightarrow \frac{N_{ALURR} + N_{ALURM}}{N_N} = \frac{(0.2 + 0.28) \cdot N_S}{1.19425 \cdot N_S} \cdot 100\% = 40.2\%$$

$$LOAD \rightarrow \frac{N_{LoadS} + N_{LoadN}}{N_N} = \frac{(0.12 + 0.12425) \cdot N_S}{1.19425 \cdot N_S} \cdot 100\% = 20.43\%$$

$$STORE \rightarrow \frac{N_{StoreS} + N_{StoreN}}{N_N} = \frac{(0.08 + 0.07) \cdot N_S}{1.19425 \cdot N_S} \cdot 100\% = 12.56\%$$

$$Upravljačke \rightarrow \frac{N_{UpravljačkeS}}{N_N} = \frac{0.22 \cdot N_S}{1.19425 \cdot N_S} \cdot 100\% = 18.42\%$$

$$Ostale \rightarrow \frac{N_{OstaleS}}{N_N} = \frac{0.1 \cdot N_S}{1.19425 \cdot N_S} \cdot 100\% = 8.38\%$$

$$CPI_N = 0.402 \cdot 1 + (1 - 0.402) \cdot 2 = 1.598$$

$$T_N = 1.194 \cdot N_S \cdot 1.598 \cdot T_C = 1.908 \cdot N_S \cdot T_C$$

Pošto je $T_S < T_N$ zaključujemo da je prvo rešenje bolje i da u drugom slučaju imamo pogoršanje.

ZADATAK 9

- Instrukcije nekog računara su $18b$, a adresna polja dužine $7b$. Ustanoviti da li je moguće formatima ovih dužina kodirati **15 2-adresnih**, **125 1-adresnih** i **28 0-adresnih** instrukcija. Skicirati karakteristične detalje, načine kodiranja instrukcija i postupak njihovog dekodiranja.

$$M = 15, \quad N = 125, \quad L = 28$$

KO – kod operacije, *OP* - operand

KO_2	OP_1	OP_2	2-adresne
$4b$	$7b$	$7b$	

KO_2	KO_1	OP	1-adresne
$4b$	$7b$	$7b$	
$11b$			

KO_2	KO_1	KO_0	0-adresne
$4b$	$7b$	$7b$	
$18b$			

ZADATAK 9

$l_{KO_2} \rightarrow \text{dužina } KO_2$

$$2^{l_{KO_2}} = 2^4 = 16 > M$$

$$(2^{l_{KO_2}} - M) \cdot 2^{l_{KO_1}} = (16 - 15) \cdot 2^7 = 128 > N$$

$$[(2^{l_{KO_2}} - M) \cdot 2^{l_{KO_1}} - N] \cdot 2^{l_{KO_0}} = 3 \cdot 2^7 = 384 > L$$

	4b	7b	7b	
	KO₂	KO₁	KO₀	
15	0000			2-adresne instrukcije
	0001			
			
	1110			
125	1111	0000000		1-adresne instrukcije
	1111	0000001		
		
	1111	1111100		
28	1111	1111101	0000000	0-adresne instrukcije
	1111	1111101	0000001	
	
	1111	1111101	0011011	

ZADATAK 10

Dat je zapis sa sledećim elementima:

- a) integer (* *H'* 11121314 reč *),
- b) double integer (* *H'* 2122232425262728 dvostruka reč *),
- c) unsigned word (* *H'* 31323334 reč *),
- d) array [1..7] of char (* *H'* ABCDEFG bajt *),
- e) short integer (* *H'* 5152 polureč *),
- f) integer (* *H'* 61626364 reč *).

Prikazati smeštanje ovog zapisa u mašinama sa adresiranjem repa i adresiranjem glave. Memorijske lokacije su dužine 8 bajtova. Pristupi memoriji su poravnati. Prikazati kako se u mašini sa adresiranjem glave kao prirodnim načinom adresiranja može implementirati adresiranje repa. Navesti podatke koji se dobijaju pri obraćanju podacima dužine 1 bajt, 1 reč, 1 bajt, 1 polureč sa respektivnim adresama *H'* 08, *H'* 0C, *H'* 12, *H'* 20 za sva tri slučaja.

8b – bajt, **2B** - polureč, **4B** – reč, **8B** – dvostruka reč

Poravnati pristup – adresa deljiva sa brojem bajtova

ZADATAK 10

- integer (* *H'* 11121314 reč *),
- double integer (* *H'* 2122232425262728 dvostruka reč *),
- unsigned word (* *H'* 31323334 reč *),
- array [1..7] of char (* *H'* ABCDEFG bajt *),
- short integer (* *H'* 5152 polureč *),
- integer (* *H'* 61626364 reč *).

8b – bajt, 2B - polureč, 4B – reč, 8B – dvostruka reč

Poravnati pristup – adresa deljiva sa brojem bajtova

Adresiranje repa:

7	6	5	4	3	2	1	0	
				11	12	13	14	00
21	22	23	24	25	26	27	28	08
D	C	B	A	31	32	33	34	10
		51	52		G	F	E	18
				61	62	63	64	20

ZADATAK 10

- a) integer (* *H'* 11121314 reč *),
- b) double integer (* *H'* 2122232425262728 dvostruka reč *),
- c) unsigned word (* *H'* 31323334 reč *),
- d) array [1..7] of char (* *H'* ABCDEFG bajt *),
- e) short integer (* *H'* 5152 polureč *),
- f) integer (* *H'* 61626364 reč *).

8b – bajt, 2B - polureč, 4B – reč, 8B – dvostruka reč

Poravnati pristup – adresa deljiva sa brojem bajtova

Adresiranje glave:

	0	1	2	3	4	5	6	7	
00	11	12	13	14					00
08	21	22	23	24	25	26	27	28	08
10	31	32	33	34	A	B	C	D	16
18	E	F	G		51	52			24
20	61	62	63	64					32

ZADATAK 10

- a) integer (* *H'* 11121314 reč *),
- b) double integer (* *H'* 2122232425262728 dvostruka reč *),
- c) unsigned word (* *H'* 31323334 reč *),
- d) array [1..7] of char (* *H'* ABCDEFG bajt *),
- e) short integer (* *H'* 5152 polureč *),
- f) integer (* *H'* 61626364 reč *).

8b – bajt, 2B - polureč, 4B – reč, 8B – dvostruka reč

Poravnati pristup – adresa deljiva sa brojem bajtova

Adresiranje repa kod mašine sa adresiranjem glave:

	0	1	2	3	4	5	6	7	
00					11	12	13	14	00
08	21	22	23	24	25	26	27	28	08
10	D	C	B	A	31	32	33	34	16
18			51	52		G	F	E	24
20					61	62	63	64	32

ZADATAK 10

Adresiranje repa:

7	6	5	4	3	2	1	0	
				11	12	13	14	00
21	22	23	24	25	26	27	28	08
D	C	B	A	31	32	33	34	10
		51	52		G	F	E	18
				61	62	63	64	20

Adresiranje glave:

	0	1	2	3	4	5	6	7	
00	11	12	13	14					00
08	21	22	23	24	25	26	27	28	08
10	31	32	33	34	A	B	C	D	16
18	E	F	G		51	52			24
20	61	62	63	64					32

Adresiranje repa kod mašine sa adresiranjem glave:

	0	1	2	3	4	5	6	7	
00					11	12	13	14	00
08	21	22	23	24	25	26	27	28	08
10	D	C	B	A	31	32	33	34	16
18			51	52		G	F	E	24
20					61	62	63	64	32

$$i = \begin{cases} 7, & \text{za bajt} \\ 6, & \text{za polureč} \\ 4, & \text{za reč} \\ 0, & \text{za dvostruku reč} \end{cases}$$

$a \oplus i$ – adresiranje glave

$$\begin{aligned} H' 08 &= 00001000 \\ \oplus & 00000111 \\ \hline & 00001111 = H' 0F \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H' 0C &= 00001100 \\ \oplus & 00000100 \\ \hline & 00001000 = H' 08 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H' 12 &= 00010010 \\ \oplus & 00000111 \\ \hline & 00010101 = H' 15 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H' 20 &= 00100000 \\ \oplus & 00000110 \\ \hline & 00100110 = H' 26 \end{aligned}$$

Dužina podatka	Adresa	Adresa repa	Adresa glave	Adresa repa ¹
Bajt	$H' 08$	28	21	28
Reč	$H' 0C$	21222324	25262728	21222324
Bajt	$H' 12$	32	33	32
Polureč	$H' 20$	6364	6162	6364