

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za računalništvo in informatiko

Študijsko leto 2003/2004

Osnove računalniške arhitekture 2

Profesor: Igor Škraba

Edited by Sakel

Ljubljana 2004

OZNAKE:

t_{ag} – čas dostopa do glavnega pomnilnika	0000 - 0
t_a – povprečni dostopni čas	0001 - 1
t_{ap} – čas dostopa do predpomnilnika	0010 - 2
H – verjetnost zadetka	0011 - 3
$(1-H)$ – verjetnost zgrešitve	0100 - 4
CPI – povprečno število urinih period na ukaz	0101 - 5
t_{CPE} – urina perioda	0110 - 6
$CPE_{\check{C}AS}$ – čas, ki ga CPE porabi za določen program	0111 - 7
Mi – povprečno število pomnilniških dostopov	1000 - 8
N – število vseh dostopov do pomnilnika	1001 - 9
f_{CPE} – urin signal frekvence	1010 - A
t_B – čas dostopa do bloka	1011 - B
B – velikost blok	1100 - C
Pr – delež bralnih dostopov (npr. 80% = 0,8)	1101 - D
Pw – delež pisalnih dostopov (npr. 20% = 0,2)	1110 - E
CPI_R – realni CPI ob zgrešitvah v predpomnilniku	1111 - F
CPI_I – idealni CPI ob zgrešitvah v predpomnilniku	
CPI_P – dodatne urine periode, če v predpomnilniku pride do zgrešitve	
S – število setov	
E – stopnja asociativnosti	
M – velikost predpomnilnika	
$S(N)$ – povečanje hitrosti celotnega računalnika (N – faktor pospešitve, f - delež operacij, ki se ne pohitrijo)	
t_m - mrtvi čas	
$MIPS$ – milijon ukazov na sekundo	
N_R – bralna zgrešitvena kazen (urine periode)	
N_W – pisalna zgrešitvena kazen (urine periode)	
H_{pp} – verjetnost zadetka pri predpomnilniku	
FN - frame number – število okvirov stran	
st – velikost seta	
f – delež, ki ga ne pohitrimo	

$m = 10^{-3}$	$2^{18} = 0,25M = 250K$
$\mu = 10^{-6}$	$2^{19} = 0,5M = 500K$
$n = 10^{-9}$	$2^{20} = 1M$
1Bajt = 8Bitov	$2^{21} = 2M$
$10^9 = 1GHz$	$2^{22} = 4M$
$10^6 = 1MHz$	$2^{23} = 8M$
$10^3 = 1KHz$	$2^{24} = 16M$
$2^{10} = 1K$	$2^{25} = 32M$
$2^{20} = 1M$	$2^{26} = 64M$
$2^{30} = 1G$	

FORMULE:

$$CPE_{\check{C}AS} = \text{število ukazov} * CPI * t_{CPE};$$

$$CPE_{\check{C}AS} = \frac{\text{št.ukazov}}{(MIPS * 10^6)};$$

$$MIPS = \frac{1}{(CPI * t_{CPE} * 10^6)};$$

$$M = S * E * B;$$

$$E = \frac{M}{(B * S)};$$

$$S = \frac{M}{(E * B)};$$

$$CPI_R = CPI_I + M_I * (1-H) * \text{zgrešitvena kazen};$$

$$tap = ta - (1-H) * tag;$$

$$ta = tap + (1-H) * tag;$$

$$\text{zgrešitvena kazen} = P_W * N_W + P_R * N_R;$$

$$st = \frac{M}{S};$$

$$MIPS = \frac{f_{CPE}}{CPI * 10^6}$$

$$ta = tap + (1-H) * \text{zgrešitvena napaka}$$

$$f = \frac{(N - S(N))}{(S(N) * (N - 1))}$$

$$\text{Verjetnost} = \frac{CPI_{RAZ}}{CPI_{ZGREŠITVENA}}$$

$$(ta) \text{ zg. kazen} = (P_W * N_W * tap + P_R * N_R * tap)$$

$$B = \frac{M}{S * E}$$

$$ta = tap + (1-H) * tb$$

$$CPI = \frac{CPE_{\check{C}AS}}{\text{št.ukazov} * t_{CPE}}$$

$$CPI = \frac{f_{CPE}}{MIPS * 10^6}$$

$$tap = 1 * \frac{1}{f_{CPE}}$$

$$t_{CPE} = \frac{1}{f_{CPE}}$$

$$f_{CPE} = \frac{1}{t_{CPE}}$$

$$S(N) = \frac{N}{(1 + (N - 1) * f)}$$

$$tag = \frac{ta - tap}{(1 - H)}$$

$$CPI = \frac{tap}{t_{CPE}}$$

$$MIPS = \frac{f_{CPE}}{CPI_R}$$

$$CPI = \frac{CPE_{\check{C}AS}}{\text{št.ukazov} * t_{CPE}}$$

$$\text{št.blokov v pp} = \frac{pp}{\text{vel.bloka}}$$

$$t_B = \frac{ta + \text{vel.strani}}{t - \text{prenosa}}$$

$$\text{število blokov} = \frac{M}{B}$$

$$CPI_{\text{zgrešitvena}} = \frac{\text{servis}_{\text{napake}}}{t_{CPE}}$$

$$CPI_{\text{raz}} = CPI_v - CPI$$

$$f = \frac{(N - S(N))}{(S(N) * (N - 1))}$$

$$st = \frac{M}{S}$$

Primeri nalog:

1) Računalnik ima glavni pomnilnik s časom dostopa 60ns. Ta čas želimo z uporabo predpomnilnika skrajšati na 20ns. Izračunajte kako hiter mora biti predpomnilnik (čas dostopa), če lahko pričakujemo 90% verjetnost zadetka.

$$\begin{aligned}
 t_{ag} &= 60\text{ns} = 60 \cdot 10^{-9}\text{s} & t_a &= t_{ap} + (1-H) \cdot t_{ag} \\
 t_a &= 20\text{ns} = 20 \cdot 10^{-9}\text{s} & t_{ap} &= t_a - (1-H) \cdot t_{ag} \\
 H &= 90\% = 0,9 & t_{ap} &= 20 \cdot 10^{-9}\text{s} - (1-0,9) \cdot 60 \cdot 10^{-9}\text{s} \\
 t_{ap} &=? & t_{ap} &= 14 \cdot 10^{-9}\text{s} = \underline{14\text{ns}}
 \end{aligned}$$

2) V računalniku s predpomnilnikom je povprečno število urinih period enako 4, če v predpomnilniku ni zgrešitev.

a) Kolikšno je resnično število urinih period na ukaz, če je verjetnost zgrešitve v predpomnilniku 10%?

Za zamenjavo bloka v predpomnilniku je potrebnih 5 urnih period pri branju in 10 urinih period pri pisanju. Vzemite, da sta pri vsakem ukazu potrebna povprečno 2 pomnilniška dostopa in da je pri tem 20% pisalnih dostopov.

$$\begin{aligned}
 \text{CPI}_I &= 4 & \text{zgrešitvena kazen} &= P_W \cdot N_W + P_R \cdot N_R \\
 (1-\text{Hpp}) &= 10\% = 0,1 & \text{zgrešitvena kazen} &= 0,2 \cdot 10 + 0,8 \cdot 5 = \underline{6} \\
 M_I &= 2 & & \\
 N_R &= 5 & \text{CPI}_R &= \text{CPI}_I \cdot M_I \cdot (1-\text{Hpp}) \cdot \text{zgrešitvena kazen} \\
 N_W &= 10 & \text{CPI}_R &= 4 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 6 \\
 P_W &= 0,2 & \text{CPI}_R &= \underline{5,2} \\
 P_R &= 0,8 & & \\
 \text{CPI}_R &=? & &
 \end{aligned}$$

b) Kolikšen je resničen CPI, če povečamo verjetnost zadetka na 95%?

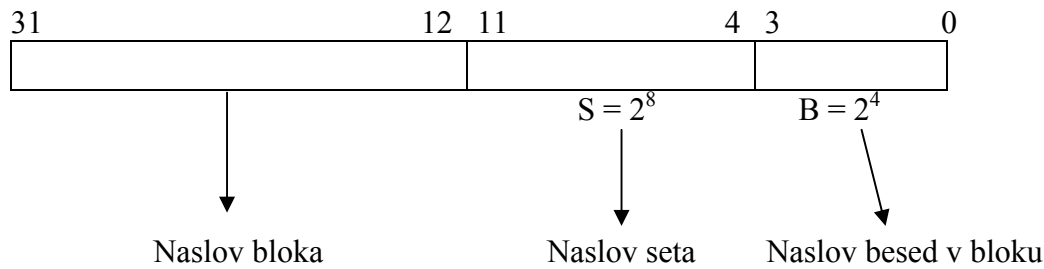
$$\begin{aligned}
 \text{CPI}_I &= 4 & \text{CPI}_R &= \text{CPI}_I + M_I \cdot (1-\text{Hpp}) \cdot \text{zgrešitvena kazen} \\
 M_I &= 2 & \text{CPI}_R &= 4 + 2 \cdot 0,05 \cdot 6 \\
 (1-\text{Hpp}) &= 0,05 & \text{CPI}_R &= \underline{4,6} \\
 \text{zgrešitvena kazen} &= 6 & & \\
 \text{CMIR} &=? & &
 \end{aligned}$$

3) V računalniku z 32 bitnim pomnilniškim naslovom in dolžino pomnilniško besede 1 Bajt, je vgrajen set-asociativni predpomnilnik. Velikost predpomnilnika je 16KB, velikost bloka 16 Bajtov, stopnja asociativnosti pa je 4.

a) Koliko setov vsebuje predpomnilnik?

$$\begin{aligned}
 n &= 32 & M &= S \cdot E \cdot B \\
 M &= 16\text{KB} = 2^4 \cdot \text{KB} = 2^{14} \text{B} \implies 2^{10} \cdot 2^4 = 2^{14} & S &= \frac{M}{E \cdot B} = \frac{2^{14}}{2^2 \cdot 2^4} = 2^{14-2^6} = 2^8 \\
 \text{Blok} &= B = 16\text{B} = 2^4 \text{B} & S &= \underline{256 \text{ setov}} \\
 E &= 4 = 2^2 & & \\
 S &=? & &
 \end{aligned}$$

b) Kateri biti v pomnilniškem naslovu določajo naslov seta?



Biti za naslov seta so: 4-11

c) V kateri set se preslika vsebina iz pomnilniškega naslova 10FFCFF_(HEX) ?

0000 - **0**

0001 - **1**

0010 - **2**

0011 - **3**

0100 - **4**

0101 - **5**

0110 - **6**

0111 - **7**

1000 - **8**

1001 - **9**

1010 - **A**

1011 - **B**

1100 - **C**

1101 - **D**

1110 - **E**

1111 - **F**

10FFCFF_(HEX)

↓

31 11 4 3 0

0000||0001||0000||1111||1111||1100||1111||1111

0 1 0 F F C F F

207

↓

naslov seta

Naslov se preslika v set 207.

7 6 5 4 3 2 1 0

$$11001111 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1$$

4) Računalnik z navideznim pomnilnikom ima čas dostopa do glavnega pomnilnika 50ns, čas za prenos bloka iz navideznega v glavni pomnilnik pa je 10 ms. Verjetnost za napako strani je 10^{-6} .

a) Kolikšen je povprečni čas dostopa, če je tabela strani v glavnem pomnilniku?

$$t_{ag} = 50\text{ns} = 50 \cdot 10^{-9}\text{s}$$

$$t_B = 10\text{ms} = 10 \cdot 10^{-3}\text{s}$$

$$(1-H) = 10^{-6}$$

$$t_a = ?$$

$$t_a = t_{ag} + t_{ag} + (1-H) \cdot t_B$$

$$t_a = 50 \cdot 10^{-9}\text{s} + 50 \cdot 10^{-9}\text{s} + 10^{-6}\text{s} \cdot 10 \cdot 10^{-3}$$

$$t_a = 110 \cdot 10^{-9} = \underline{110\text{ ns}}$$

b) Tabela strani je v glavnem pomnilniku in ima preslikovalni predpomnilnik z verjetnostjo zadetka 98% in časom dostopa 5ns.

$$t_{ag} = 50\text{ns} = 50 \cdot 10^{-9}\text{s}$$

$$t_B = 10\text{ms} = 10 \cdot 10^{-3}\text{s}$$

$$H_{pp} = 98\% = 0,98 \rightarrow (1-H_{pp}) = 0,02$$

$$t_{app} = 5\text{ns} = 5 \cdot 10^{-9}\text{s}$$

$$t_a = ?$$

$$t_a = t_{app} + (1-H_{pp}) \cdot t_{ag} + (1-H) \cdot t_B + t_{ag}$$

$$t_a = 5 \cdot 10^{-9} + 0,02 \cdot 50 \cdot 10^{-9} + 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-3} + 50 \cdot 10^{-9}$$

$$t_a = 66 \cdot 10^{-9} = \underline{66\text{ ns}}$$

5) Računalnik z navideznim pomnilnikom ima naslednje lastnosti:

- dolžina navideznega naslova je 38 bitov
- velikost strani je 16 KB
- dolžina fizičnega naslova pa je 32 bitov

a) Koliko bitov je dolg deskriptor strani, če je poleg številke okvira (FN) dodatni parametri zasedejo še 6 bitov?

$$n = 38$$

$$f = 32$$

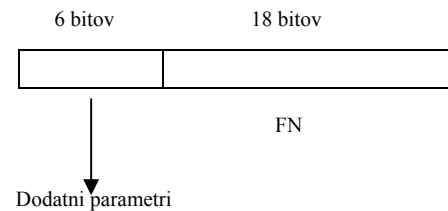
$$\text{velikost strani} = 16 \text{ KB} = 2^p = 2^{14} \text{ B}$$

■ število strani v navideznem pomnilniku:

$$2^{n-p} = \frac{2^n}{2^p} = \frac{2^{38}}{2^{14}} = 2^{24}$$

■ število okvirov strani v glavnem pomnilniku:

$$2^{f-p} = \frac{2^f}{2^p} = \frac{2^{32}}{2^{14}} = 2^{18} \Rightarrow (\text{FN})$$



$$\text{Deskriptor strani} = 18 \text{ bitov} + 6 \text{ bitov} = 24 \text{ bitov} = \underline{3\text{B}}$$

b) Kolikšna je največja možna velikost tabele strani v Bajtih?

$$\text{Število strani} * \text{deskriptor strani} = 2^{24} * 3\text{B} = 2^{20} * 2^4 * 3\text{B} = 2^4 * 3\text{MB} = 16 * 3\text{MB} = \underline{48\text{MB}}$$

6) Za računalnik s predpomnilnikom, ki ima CPE s frekvenco 300 MHz je bila na dani množici programov izmerjena zmogljivost 100 MIPS, če ni bilo zgrešitve.

a) Kolikšno je povprečno število urinih period na ukaz v tem idealnem primeru?

$$\text{MIPS} = 100$$

$$\text{CPI}_I = \frac{f_{\text{CPE}}}{\text{MIPS} * 10^6} = \frac{300 * 10^6}{100 * 10^6} = \underline{3}$$

$$f_{\text{CPE}} = 300\text{MHz}$$

$$\text{CPI}_I = ?$$

b) Kolikšna je resnična zmogljivost v MIPS, če je verjetnost zgrešitve v predpomnilniku 5%, zgrešitvena kazen 6 urinih period, pri vsakem ukazu pa so povprečno potrebni 3 pomnilniški dostopi ?

$$(1-H_{pp}) = 0,05$$

$$\text{zgrešitvena kazen} = 6$$

$$\text{CPI}_R = \text{CPI}_I + M_I * (1-H) * \text{zgrešitvena kazen}$$

$$\text{CPI}_R = 3 + 3 * 0,05 * 6 = 3 + 0,9 = \underline{3,9}$$

$$\underline{M_I = 3}$$

$$\text{MIPS} = \frac{f_{\text{CPE}}}{\text{CPI}_R * 10^6} = \frac{300 * 10^6}{3,9 * 10^6} = 76,93 = \underline{77}$$

$$\text{CPI}_R, \text{MIPS} = ?$$

7) V računalniku z 32 bitnim pomnilniškim naslovom in dolžino pomnilniške besede 1 Bajt ima set-asociativni predpomnilnik velikosti 8 kB, ki je razdeljen na 512 setov velikost bloka 8B.

$$n = 32$$

$$M = 8kB = 2^{13}$$

$$B = 8B = 2^3$$

$$S = 512 = 2^9$$

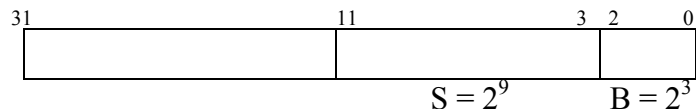
a) Kako velik (v bajtih) je vsak set?

$$st = \frac{M}{S} = \frac{2^{13}}{2^9} = 2^4$$

b) Kolikšna je stopnja asociativnosti predpomnilnika?

$$E = \frac{M}{S * B} = \frac{2^{13}}{2^9 * 2^3} = 2$$

c) Kateri biti v pomnilniškem naslovu določajo naslov seta?



Biti za naslov seta so: 3 - 11

d) V kateri set (desetiško) se preslika vsebina iz pomnilniškega naslova FFFF104B_(HEX)

$$1111 || 1111 || 1111 || 1111 || 0001 || 0000 || 0100 || 1011$$

$$F \quad F \quad F \quad F \quad 1 \quad 0 \quad 4 \quad B$$

$$1 * 2^3 + 1 * 2^0 = 8 + 1 = 9 \quad \text{Naslov se preslika v set 9!}$$

8) Računalnik z navideznim pomnilnikom na osnovi odstranjevanja ima čas dostopa do glavnega pomnilnika 60ns. Čas za prenos bloka iz navideznega pomnilnika v glavni pomnilnik je 8 μs, verjetnost za napak strani je 10⁻⁴. Kakšen je povprečni dostopni čas, kot ga vidi CPE če:

a) Je deskriptor strani vedno že v nekem registru CPE? (čas dostopa je zanemarjen)

$$t_{ag} = 60ns = 60 * 10^{-9} s$$

$$t_B = 8\mu s = 8 * 10^{-6} s$$

$$(1-H) = 10^{-4}$$

$$t_a = ?$$

$$t_a = 0 + t_{ag} + (1-H) * t_B$$

$$t_a = 0 + 60 * 10^{-9} + 10^{-4} * 8 * 10^{-6} = 60,8 * 10^{-9} = \underline{60,8ns}$$

b) Tabela strani je v glavnem pomnilniku v CPE pa imamo preslikani predpomnilnik z verjetnostjo zadetka 96% in enakim časom dostopa kot do registrov CPE?

$$H_{pp} = 96\% = 0,96$$

$$(1-H_{pp}) = 4\% = 0,04$$

$$t_{app} = 0$$

$$t_a = ?$$

$$t_a = t_{app} + (1-H_{pp}) * t_{ag} + (1-H) * t_B + t_{ag}$$

$$t_a = 0 + 0,04 * 60 * 10^{-9} + 10^{-4} * 8 * 10^{-6} + 60 * 10^{-9} = \underline{63,2 ns}$$

9) Za računalnik s predpomnilnikom in glavnim pomnilnikom izračunajte povprečni dostopni čas do pomnilnika kot ga vidi CPE. CPE deluje z urino periodo 10 ns. Verjetnost zadetka v predpomnilniku je 0,96, čas dostopa do predpomnilnika je 1 urina perioda, zgrešitvena kazen pa je 8 urinih period pri branju in 16 urinih period pri pisanju. Pri vseh pomnilniških dostopih je 75% bralnih dostopov.

$$t_{ap} = 1 = 10ns$$

$$t_{CPE} = 10 ns = 10 * 10^{-9} s$$

$$H = 0,96\% \rightarrow (1-H) = 0,04$$

$$N_R = 8$$

$$N_W = 16$$

$$P_R = 0,75$$

$$P_W = 0,25$$

$$t_a = ?$$

$$t_a = t_{ap} + (1-H) * \text{zgrešitvena kazen}$$

$$t_a = 10ns + 0,04 * (0,75 * 8 * 10ns + 0,25 * 16 * 10ns)$$

$$t_a = \underline{14ns}$$

10) V računalniku z 32 bitnim pomnilniškim naslovom in dolžino pomnilniške besede 1 Bajt imamo set-asociativni predpomnilnik velikosti 4kB, ki je razdeljen na 256 setov. Velikost bloka je 4 Bajte.

$$n = 32$$

$$M = 4kB = 2^{12} B$$

$$S = 256 = 2^8$$

$$B = 4 B = 2^2 B$$

a) Kako velik (v Bajtih) je vsak set?

$$st = \frac{M}{S} = \frac{2^{12} B}{2^8 B} = 2^4 B = 16B$$

b) Kolikšna je stopnja asociativnosti?

$$E = \frac{M}{S * B} = \frac{2^{12} B}{2^8 * 2^2 B} = 2^2 = 4$$

c) Kateri biti (napišite številke bitov) v pomnilniškem naslovu določajo naslov seta?

31	10	9	2	1	0

Biti za naslov seta so: 2 – 9

d) V kateri set (desetiško) se preslika vsebina s pomnilniškega naslova FFFFF00C_(HEX) ?

$$\begin{array}{cccccccc} & & & & & 9 & & 2 \\ 1111 & || & 1111 & || & 1111 & || & 1111 & || & 1111 & || & 0000 & || & 0000 & || & 1100 \\ F & & F & & F & & F & & 0 & & 0 & & C \end{array}$$

$$1 * 2^1 + 1 * 2^0 = 2 + 1 = 3$$

Naslov se preslika v set 3.

11) Računalnik z navideznim pomnilnikom z odstranjevanjem ima čas dostopa do glavnega pomnilnika 60ns. Celoten čas za prenos bloka (strani) iz navideznega v glavni pomnilnik je 12ms. Kolikšna je verjetnost napake strani, če je povprečni dostopni čas 360ns? Preslikava je enonivojska, tabela strani pa je v glavnem pomnilniku.

$$t_{ag} = 60ns = 60 * 10^{-9} s$$

$$t_a = 2 * t_{ag} + (1-H) * t_B$$

$$t_B = 12ms = 12 * 10^{-3} s$$

$$(1-H) = \frac{t_a - 2 * t_{ag}}{t_B} = \frac{360 * 10^{-9} - 2 * 60 * 10^{-9}}{12 * 10^{-3}} = \frac{240 * 10^{-9}}{12 * 10^{-3}}$$

$$t_a = 360ns = 360 * 10^{-9} s$$

$$(1-H) = \frac{20 * 10^{-6}}{1}$$

$$(1-H) = ?$$

12) Za računalnik s predpomnilnikom in glavnim pomnilnikom izračunajte povprečni čas dostopa do pomnilnika, kot ga vidi CPE. CPE deluje z urinim signalom frekvence 500MHz. Verjetnost zadetka v predpomnilniku je 0,95, čas dostopa do predpomnilnika je 1 urina perioda, zgrešitvena kazen pa je 10 urinih period pri branju in 20 urnih period pri pisanju. Pri vseh pomnilniških dostopih je 80% bralnih dostopov.

$$f_{CPE} = 500\text{MHz} \quad t_{CPE} = \frac{1}{f_{CPE}} = \frac{1}{500\text{MHz}} = 2\text{ns}$$

$$H = 0,95 \rightarrow (1-H) = 0,05$$

$$t_{ap} = 1 = 2\text{ns}$$

$$N_R = 10 \quad t_a = t_{ap} + (1-H) * \text{zgrešitvena kazen}$$

$$N_W = 20 \quad t_a = 2 * 10^{-9}\text{s} + 0,05 * (0,8 * 10 * 2 * 10^{-9} + 0,2 * 20 * 2 * 10^{-9})$$

$$P_R = 0,80 \quad t_a = 3,2 * 10^{-9}\text{s} = 3,2\text{ ns}$$

$$P_W = 0,20$$

$$t_a = ?$$

13) Računalnik z navideznim pomnilnikom na osnovi odstranjevanja ima navidezni pomnilnik 8GB in 64MB fizičnega pomnilnika. Velikost strani v navideznem pomnilniku je 8kB, pomnilniška beseda je dolga 1B, preslikava navideznega pomnilniškega naslova v fizičnega pa je enonivojska.

$$2^n = 8\text{GB} = 2^{33}\text{ B}$$

$$2^f = 64\text{MB} = 2^{26}\text{B}$$

$$2^p = 8\text{kB} = 2^{13}\text{B}$$

a) Koliko dostopov do glavnega pomnilnika je potrebnih pri vsakem pomnilniškem dostopu, če je tabela strani v glavnem pomnilniku in računalnik nima preslikovalnega predpomnilnika?

Potrebna sta dva dostopa. Prvi je dostop do tabele strani. Ta je potreben zato, da dobimo deskriptor, ki vsebuje informacijo za preslikovanje navideznega v fizični naslov. Drugi pa je dostop do fizičnega naslova.

b) Koliko bitov je dolg fizični naslov in koliko bitov navidezni naslov?

Fizični naslov je dolg 26 bitov, navidezni naslov pa je dolg 33 bitov.

d) Koliko Bajtov je dolg deskriptor v tabeli strani, če deskriptor vsebuje poleg številke okvira strani še 3 dodatne parametre, ki zasedajo po vsak en bit?

$$\text{Število strani v navideznem pomnilniku: } 2^{n-p} = 2^{33-13} = 2^{20}$$

$$\text{Število okvirov strani v glavnem pomnilniku: } 2^{f-p} = 2^{26-13} = 2^{13}$$

$$\text{Deskriptor strani} = \text{število okvirov} + 3 \text{ dodatni parametri po en bit}$$

$$\text{Deskriptor strani} = 13 \text{ bitov} + 3 \text{ biti} = 16 \text{ bitov} = 2\text{B}$$

14)

$$f_{CPE} = 800 \text{ MHz} = 800 * 10^6$$

$$H = 0,95 \rightarrow (1-H) = 0,05$$

$$t_{ap} = 1 \text{ urina perioda} \rightarrow 1,25 * 10^{-6}$$

$$N_R = 8$$

$$N_W = 18$$

$$P_R = 0,75$$

$$P_W = 0,25$$

$$t_a = ?$$

$$t_{ap} = 1 * \frac{1}{f_{CPE}} = 1 * \frac{1}{800 * 10^6}$$

$$t_{ap} = 1,25 * 10^{-6} = 1,25 \mu s$$

$$t_a = t_{ap} + (1-H) * \text{zgrešitvena kazen}$$

$$t_a = 1,25 * 10^{-6} * (0,75 * 8 * 1,25 + 0,25 * 18 * 1,25)$$

$$t_a = 1,25 + (0,05) * 13,125$$

$$t_a = 1,906 * 10^{-6} = 1.906 \mu s$$

15) V računalniku z 32 bitnim pomnilniškim naslovom in dolžino pomnilniške besede 1 Bajt imamo direktni predpomnilnik velikosti 32KB. Velikost bloka je 16 Bajtov.

a) Koliko blokov vsebuje predpomnilnik?

b) Kolikšna je stopnja asociativnosti predpomnilnika?

c) kateri biti (napišite številke bitov) v pomnilniškem naslovu določajo naslov bloka?

d) V kateri blok predpomnilnika (desetiško) se preslika vsebina s pomnilniškega naslova 0002F76B_(HEX) ?

$$n = 32$$

$$a) \text{ število blokov} = \frac{M}{B} = \frac{2^{15}}{2^4} = 2^{11} = 2048$$

$$M = 32 \text{ KB} = 2^{15}$$

b) Stopnja asociativnosti je 1, ker je direktni pomnilnik

$$B = 16 \text{ B} = 2^4 \text{ B}$$

$$E = \frac{M}{B * S} = \frac{2^{15}}{2^4 * 2^{11}} = 2^0 ; E=1$$

c) biti od 0 – 3 določajo naslov besede, ker je $B = 2^4$

biti od 4 – 14 določajo naslov bloka v PP, ker je $S = 2^{11}$

biti od 15 – 31 pa določajo naslov bloka v GP

d) V blok 1910

16) Računalnik s frekvenco urinega signala 1,25GHz ima predpomnilnik in glavni pomnilnik. Koliko urinih period sme trajati dostop do predpomnilnika, če želimo da CPE vidi povprečni dostopni čas 3ns do celotne pomnilniške hierarhije? V predpomnilniku predvidevamo verjetnost zadetka 96% čas dostopa do glavnega pomnilnika pa je 35ns.

$$f_{CPE} = 1,25 \text{ GHz} = 1,25 * 10^9$$

$$H_{pp} = 96\% = 0,96 \rightarrow (1-H_{pp}) = 0,04$$

$$t_{ag} = 35 \text{ ns} = 35 * 10^{-9}$$

$$t_a = 3 \text{ ns} = 3 * 10^{-9}$$

$$\text{CPI} = ?$$

$$t_{CPE} = \frac{1}{f_{CPE}} = \frac{1}{1,25 * 10^9} = 0,8 * 10^{-9} = 0,8 \text{ ns}$$

$$\text{CPI} = \frac{t_{ap}}{t_{CPE}} = \frac{1,6 * 10^{-9}}{0,8 * 10^{-9}}$$

$$t_{ap} = t_a - (1-H_{pp}) * t_{ag}$$

$$t_{ap} = 3 * 10^{-9} \text{ s} - (0,04) * 35 * 10^{-9} \text{ s}$$

$$t_{ap} = 1,6 * 10^{-9} = 1,6 \text{ ns}$$

$$\text{CPI} = 2$$

17) Računalnik ima navidezni pomnilnik z odstranjevanjem. Čas dostopa do glavnega pomnilnika je 55ns. Velikost strani je 64KB, verjetnost napake strani je 10^{-6} . Čas dostopa do navideznega pomnilnika je 9 ms, hitrost prenosa med navideznim pomnilnikom in glavnim pomnilnikom pa 66MB/s. Izračunaj povprečni dostopni čas kot ga vidi CPE če je:

- Preslikava navideznega naslova enonivojska, brez preslikovalnega predpomnilnika.
- Preslikava navideznega naslova enonivojska in imamo preslikovalni predpomnilnik z verjetnostjo zadetka 98% in zanemarljivim dostopnim časom.

$$t_{ag} = 55ns = 55 \cdot 10^{-9}$$

$$\text{velikost strani} = 64KB = 2^{10} + 2^6 = 2^{16}$$

$$(1-H) = 10^{-6}$$

$$t_{a\text{ nav}} = 9ms = 9 \cdot 10^{-3}$$

$$t_{\text{prenosa}} = 66MB/s = 66 \cdot 10^6$$

$$t_a = ?$$

$$t_B = \frac{t_{anav} + t_{vel.strani}}{t_{prenosa}} = \frac{9ms + 64KB}{66MB/s} = \frac{9ms + 64 \cdot 1024B}{66 \cdot 1048576} = 9kms + 9,5 \cdot 10^{-4} = 9ms + 0,95 \cdot 10^{-3}$$

$$t_B = 9ms + 0,95ms = 9,95ms = 10ms = 10 \cdot 10^{-3}s$$

$$H_{pp} = 98\% = 0,98$$

a) Enonivojska preslikava (brez preslikovalnega predpomnilnika)

$$t_a = t_{ag} + t_{ag} + (1-H) \cdot t_B$$

$$t_a = 2 \cdot t_{ag} + (1-H) \cdot t_B$$

$$t_a = 2 \cdot 55 \cdot 10^{-9} + 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-3}s = 120 \cdot 10^{-9} = 120ns$$

b) Enonivojska preslikava (ima preslikovalni predpomnilnik)

$$t_a = t_{ag} + (1-H_{pp}) \cdot t_{ag} + (1-H) \cdot t_B + t_{ag}$$

$$t_a = 0 + (1 - 0,98) \cdot 55 \cdot 10^{-9} + 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^{-3} + 55 \cdot 10^{-9}$$

$$t_a = 66 \cdot 10^{-9} = 66ns$$

18) CPE je narejena v obliki cevovoda z 8 segmenti

- Na koliko podoperacij je potrebno razdeliti izvajanje posameznega ukaza pri takem cevovodnem procesorju?
- Kolikokrat večja je hitrost take CPE v primerjavi z necevovodno v idealnem primeru?
- Naštej nekaj vzrokov, zaradi katerih takega povečanja hitrosti ni možno doseči.
- Ali je s tako zgradbo možno doseči $CPI < 1$?

- Izvajanje posameznega ukaza je potrebno razdeliti na 8 podoperacij
- Hitrost se poveča do 8 krat.
- Kontrolne, podatkovne in strukturne nevarnosti.
- S tako zgradbo ni mogoče doseči $CPI < 1$.

19) Za računalnik s predpomnilnikom in glavnim pomnilnikom izračunaj povprečni čas dostopa do pomnilnika kot ga vidi CPE. CPE deluje z urinim signalom frekvence 800MHz. Verjetnost zadetka v predpomnilniku je 96%, dostop do predpomnilnika se opravi v 1 urini periodi, čas dostopa do glavnega pomnilnika pa je 50ns.

$$f_{CPE} = 800\text{MHz}$$

$$t_{ap} = \frac{1 * 1}{f_{(CPE)(urina_perioda)}} = \frac{1}{800 * 10^{-6}} = 0,00125 * 10^{-6}$$

$$H = 96\%$$

$$t_a = t_{ap} + (1-H) * t_{ag} = 1,25 * 10^{-9} + (1 - 0,96) * 50 * 10^{-9}$$

$$t_{ag} = 50\text{ns}$$

$$t_a = 3,25 * 10^{-9} = 3,25 \text{ ns}$$

$$t_a = ?$$

20) Delovanje nekega računalnika želimo pohitriti z elektronskim nadomestkom za trdi disk, ki je v povprečju 50 krat hitrejši od trdega diska. Kolikšen procent časa se mora uporabljati disk, da bo povečanje hitrosti 2,5 kratno?

f- delež operacij, ki se ne pohitrijo

N – faktor pospešitve

S(N) – povečanje hitrosti celotnega računalnika

$$S(N) = 2,5$$

$$S(N) = \frac{N}{(1 + (N - 1) * f)}$$

$$N = 50$$

$$2,5 = \frac{50}{(1 + 49f)} \rightarrow f = 0,3877$$

$$(1-f) = ?$$

$$(1-f) = 1 - 0,3878 = 0,6123$$

21) Računalnik ima glavni pomnilnik s časom dostopa 50ns. Ta čas želimo z uporabo predpomnilnika skrajšati na 20ns. Kako hiter mora biti predpomnilnik, če lahko pričakujemo 90% verjetnost zadetka?

$$H = 0,9$$

$$t_a = 20\text{ns}$$

$$t_{ag} = 50\text{ns}$$

$$t_{ap} = ?$$

$$t_{ap} = t_a - (1-H) * t_{ag}$$

$$t_{ap} = 20 \text{ ns} - (0,1 * 50 \text{ ns})$$

$$t_{ap} = 15 \text{ ns} = 15 * 10^{-9} \text{ s}$$

22) Računalnik z navideznim pomnilnikom ima čas dostopa do glavnega pomnilnika 100 ns. Čas za prenos bloka je 5ms. Z merjenjem je bilo ugotovljeno, da je verjetnost za napako strani 10^{-4} . Verjetnost, da je podatek v predpomnilniku je 0,99. Čas dostopa do tabele v predpomnilniku je neskončno majhen. Kakšen je povprečni dostopni čas v treh različnih primerih?

- Ko je **tabela strani** v CPE?
- Ko je **tabela strani** v glavnem pomnilniku?
- Ko je **tabela strani** v predpomnilniku?

$$t_{ag} = 100\text{ns}$$

$$t_B = 5\text{ms} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ ns}$$

$$1 - H = 10^{-4}$$

$$1 - H_{pp} = 0,01$$

$$t_a = ?$$

$$a) t_a = t_{ag} + (1-H) \cdot t_B = 100\text{ns} + 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^6 \text{ s} = 100,5 \text{ ns}$$

$$b) t_a = t_{ag} + t_{ag} + (1-H) \cdot t_B = 200,5 \text{ ns}$$

$$c) t_a = t_{ap} + (1-H_{pp}) \cdot t_{ag} + t_{ag} + (1-H) \cdot t_B = 101,5 \text{ ns}$$

23) Na računalniku s pomnilniško besedo 1Bajt (8 bitov) in 32 bitnim pomnilniškim naslovom želimo narediti čisti asociativni predpomnilnik velikosti 32 KB. Velikost bloka naj bo 32B.

- Kako velik bo pomnilniški del (število besed in dolžina besede) tega predpomnilnika?
- Kako velik je potreben (število besed in dolžina besede) kontrolni del tega predpomnilnika in kakšne vrste je glede na način dostopa?
- Ali je takšen predpomnilnik možno realizirati?

a) Pomnilniški del je velik 32 KB dolžina besede je 32 KB, število besed pa je 32 K

b) Velikost kontrolnega dela je $32 \text{ KB} / 32 \text{ B} = 1 \text{ K} = 1024$ besed dolžine 27 bitov.

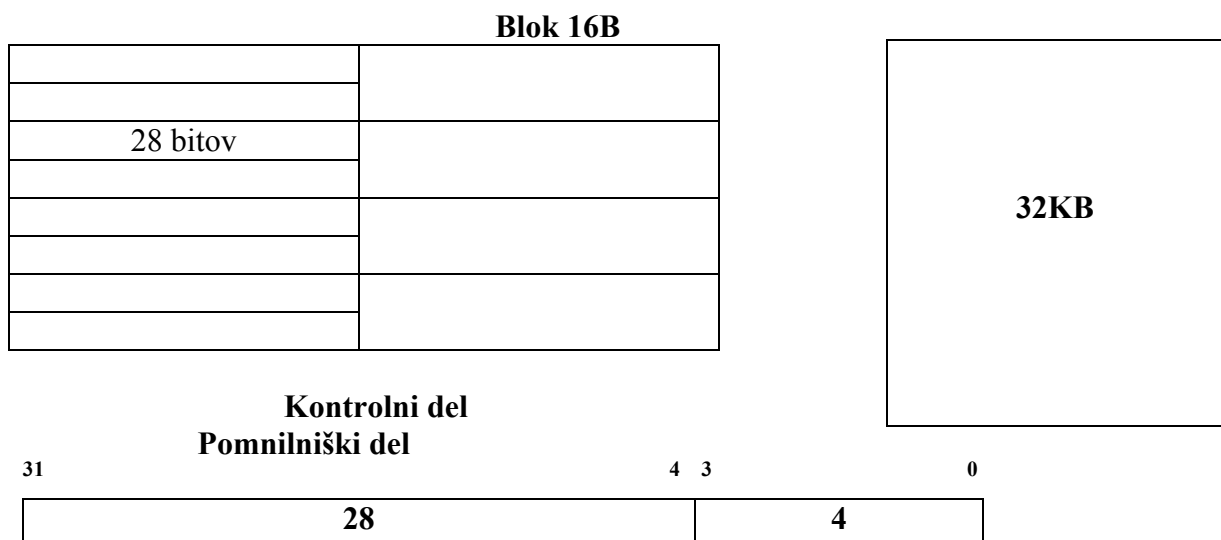
c) Ne?!

24) Na računalniku s pomnilniško besedo 1B (8 bitov) in 32 bitnim pomnilniškim naslovom želimo narediti **čisti asociativni predpomnilnik** velikosti 32KB. Velikost bloka naj bo 16B.

- Kako velik naj bo pomnilniški del (število besed in dolžina besede) tega predpomnilnika?

- Kako velik asociativni pomnilnik je potreben (število besed in dolžina besede) za kontrolni del tega predpomnilnika?

- Ali je tak predpomnilnik mogoče realizirati?



- Pomnilniški del naj bo velik 32 KB

- Št.kontrolnih delov = št.blokov = $\frac{\text{velikost_predpomnilnika}}{\text{velikost_bloka}} = \frac{32KB}{16B} = \frac{2^{15}}{2^4} = 2^{11} = 2K = 2048$

- Velikost kontrolnega dela je 2048 besed dolžine 28 bitov.

25) Na računalniku s frekvenco urinega signala 350MHz je v povprečju potrebno 5 urinih period za 1 ukaz. Zaradi prekinitev se zmogljivost CPE merjena v MIPS zmanjša za 0,12 %. Ugotoviti želimo **povprečni čas med dvema prekinitvama**, če se ob vsaki prekinitvi porabi 48 urinih period za klic prekinitveno servisnega programa (PSP) in 27 urinih period zavračanje iz njega.

$f_{CPE} = 350 \text{ MHz}$

$CPI = 5 \text{ urinih period}$

$MIPS = 0,12 \%$

Period za klic = 48

Period za vračanje = 27

Period zaradi prekinitve = $48 + 27 = 75$

$$MIPS = \frac{f_{CPE[MHZ]}}{CPI} = \frac{350}{5} = 70$$

Kazalec zmogljivosti = $0,12 \% * MIPS = 0,0012 * 70 = 0,084$

V eni sekundi 84000 ukazov manj!

Št.period = $84000 * CPI = 420000 \text{ period}$

$$\text{Št.prekinitev[v eni sekundi]} = \frac{\text{št_period}}{\text{št.period_zaradi_prek}} = \frac{420000}{75} = 5600 \text{ prek/sek}$$

$$\frac{1}{5600} = 0,1785 * 10^{-3} = 0,178 \text{ ms}$$

26) Računalnik ima glavni pomnilnik s časom dostopa 50ns. Ta čas želimo z uporabo predpomnilnika skrajšati na 20ns. Kako hiter mora biti predpomnilnik, če lahko pričakujemo 90 % verjetnost zadetka?

$H = 0,9$

$t_a = 20 \text{ ns}$

$t_{ag} = 50 \text{ ns}$

$t_{ap} = ?$

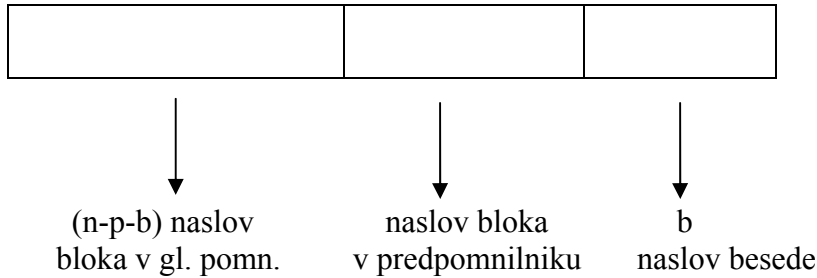
$$t_{ap} = t_a - (1-H) * t_{ag}$$

$$t_{ap} = 20 \text{ ns} - (1-0,9) * 50 \text{ ns}$$

$$t_{ap} = 15 \text{ ns}$$

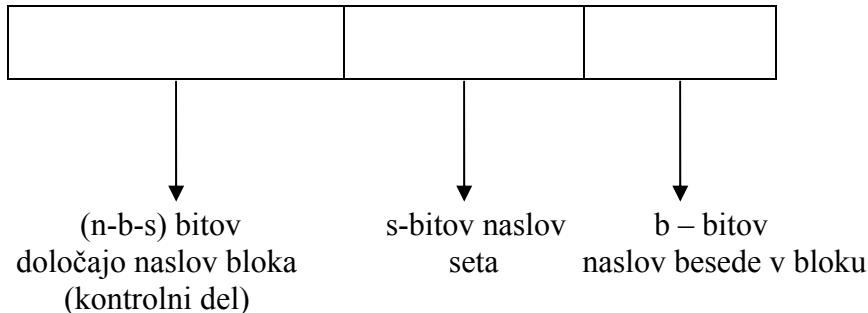
27) **Direktni predpomnilnik:**

Pomnilniški naslov:



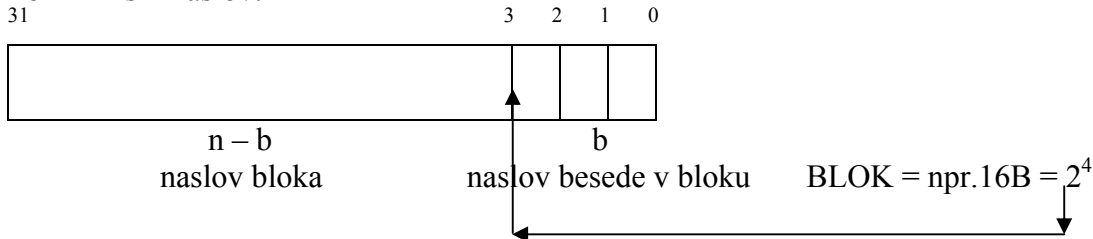
Set- asociativni predpomnilnik:

Pomnilniški naslov:



Asociativni predpomnilnik:

Pomnilniški naslov:



28) Računalnik ima frekvenco ure 200MHz in predpomnilnik z bloki velikosti 16 besed. Predpomnilnik uporablja pisanje nazaj. Branje bloka iz glavnega pomnilnika traja 40 urinih period, pisanje pa 48 urinih period.

- Koliko besed na sekundo se prenaša v in iz glavnega pomnilnika, če je branje bloka iz glavnega pomnilnika 70% in pisanje 30%.
- Vzemimo, da je verjetnost zgrešitve 2% in da je 35% primerov blok umazan. Za koliko se zaradi zgrešitev poveča CPI? (pri zgrešitvi CPE čaka dokler blok ni zamenjan).

Rešitev:

$$a) t_{CPE} = \frac{1}{f_{CPE}} = \frac{1}{200 \cdot 10^6 [Hz]} = 5 \cdot 10^{-9} [s] = 5 [ns]$$

$$T_R = 40 \cdot 5 = 200 [ns]$$

$$T_W = 48 \cdot 5 = 240 [ns]$$

Povprečna hitrost prenosa med glavnim pomnilnikom in predpomnilnikom je:

$$f_{\text{prenosa}} = \frac{1}{T_R * p_R + T_W * p_w} = \frac{10^9}{200 * 0,7 * 240 * 0,3} = 4,717 [\text{Mblokov} / \text{s}]$$

$$= 75,472 [\text{Mbesed} / \text{s}]$$

- b) V primeru zgrešitve se blok vedno (100%) prebere iz glavnega pomnilnika in prenese v predpomnilnik, poleg tega pa je v 35% primerov zamenjani blok v predpomnilniku spremenjen (umazan) in se zaradi pisanja nazaj prenese nazaj v glavni pomnilnik. Zaradi zgrešitev se CPI zato poveča za ΔCPI

$$\Delta \text{CPI} = (1-H) * (N_r + 0,35 * N_w)$$

$$\Delta \text{CPI} = 0,02 * (40 + 0,35 * 48) = 0,02 * 56,8 = 1,136$$

Zaradi zgrešitev se CPI poveča za 1,136 urine periode.

29) $N=20$
 $\frac{S(N)=2}{1-f?}$

f-delež, ki ga ne pohitrilo
 1-f – delež, ki ga pohitrilo

$$S(N) = \frac{N}{(1 + (N-1) * f)} \quad f = \frac{(N - S(N))}{(S(N) * (N-1))} = \frac{20 - 2}{(2 * 19)} = 0,473$$

$$1-f = 1 - 0,473 = 0,527 \rightarrow 52,7\%$$

Hitrejša enota se mora uporabljati v 52,7% računalniškega časa, da bo skupno povečanje hitrosti 2 kratno.

30) 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?

$$\text{Velikost pomnilnika } 2^{32} * 1 \text{ bajt} = 4 \text{ GB}$$

31) Mikroračunalniki v osemdesetih letih so imeli 18 naslovnih signalov in 18 – bitno naslovno vodilo.

a) Kolikšen je bil naslovni prostor teh računalnikov?

$$2^{18} = 2^{10} * 2^8 = 1 \text{ K} * 256 = 256 \text{ K}$$

b) Kolikšen je največji možni pomnilnik teh računalnikov v bajtih, če je bila pomnilniška beseda dolga 2 bajta?

$$2^{18} \text{ pomnilniških besed} = 2 * 2^{18} \text{ B} = 2 * 2^8 * 2^{10} = 512 \text{ KB}$$

c) Kako dolg je bil programski števec (PC) teh računalnikov?

18 bitov.

32) Mikroprocesor INTEL 8086 ima 20 naslovnih signalov A0-A19 in 8-bitno (1 bajt) pomnilniško besedo.

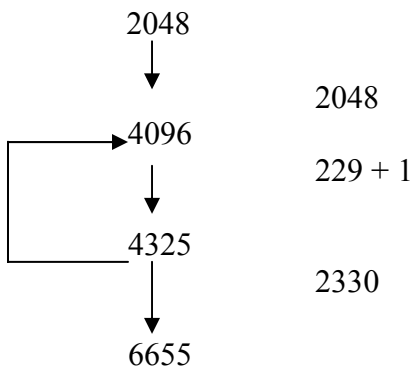
a) Kolikšen je naslovni prostor tega procesorja?
 2^{20} naslovov = 1M naslovov

b) Kolikšen je največji direktno naslovljiv pomnilnik v batih?
 $2^{20} * 1B = 1MB$ ali 1M pomnilniških besed

c) Kolikšna je najmanjša dolžina programskega števca?
 Minimalno 20 bitov → naslov ukaza

Naloga naj bi bila pravilna. Potek ni jasen.

33) Čisti asociativni pomnilnik dolžine 4K besed, 16 besed v bloku. Imamo program:



- a) Koliko je obveznih zgrešitev?
- b) Koliko je velikostnih zgrešitev?
- c) Koliko je konfliktnih zgrešitev?
- d) Na katero zgrešitev lahko vplivamo z večanjem predpomnilnika?

Zgrešitve INT (obvezne / vel.bloka + 1)

- a) $((4096 - 2048) + (230) - (2330)) / 16 + 1 = 289$ obveznih
- b) $2 * 32 = 64$ – do teh pride INT $(6655 - 2048 - 4096) / 16 = 32$
- c) 0
- d) nobeno