

CPE

CPEcas = št.ukazov · CPI · tCPE

CPEcas = št.ukazov / (MIPS · 10^6)

CPI = CPEcas / (št.ukazov · tCPE)

CPI = fCPE / (MIPS · 10^6)

CPI = tap / tCPE

MIPS = 1 / (CPI · tCPE · 10^6)

MIPS = CPEcas / (št.ukazov · tCPE)

tCPE = 1 / fCPE

fCPE = 1 / tCPE

tap = 1 · tCPE = 1 / fCPE

Predpomnilnik in pomnilnik

CPIR = CPII + MI · (1 - H) · zg.kazen

CPEcas = I(CPII + MI · (1 - H) · zg.kazen) · tCPE

CPIzgrešivena = servis napake / tCPE

CPIraz = CPIV - CPI

tap = ta - (1 - H) · tag

ta = tap + (1 - H) · zg.napaka

tag = (ta - tap) / (1 - H)

tB = (ta + vel.strani) / tprenosa

št.blokov v pp = (vel.pp / vel.bloka)

pov.zg.kazen = PW · NW + PR · NR

verjetnost = CPIraz / CPIzgrešivena

Predpomnilnik, seti, bloki, asociativnost

M = S · E · B = 2^(s+e+b)

E = M / S · B

S = M / E · B

B = M / S · E

št.blokov = M / B

st = M / S

Si = Ai(b : n - 1) mod 2^s

M - velikost predpomnilnika

S - število setov (S = 2^s)

E - stopnja asociativnosti (število blokov v setu, E = 2^e)

(direktni predpomnilnik ima E=1 (!))

B - velikost bloka (B = 2^b)

* gledano je v besedah (!!!) - če imaš podano z besedami, množiš z dolžino pomn. besede in dobiš velikost bloka v bajtih

st - velikost seta

Si - naslov seta, v katerega se lahko preslika blok iz gl. pomnilnika

Ai(b : n - 1) - zgornjih n-b bitov pom. naslova = številka bloka

2^s - število setov v predpomnilniku

zadetki pri predpomnilniku

H = Np / (Ng + Np)

H - verjetnost zadetka

N - število vseh dostopov do predpomnilnika

Np - število zadetkov

Ng - število zgrešitev

0000 - 0	1 = Hz
0001 - 1	s = 10^-3
0010 - 2	m = 10^-6
0011 - 3	n = 10^-9
0100 - 4	1Bajt = 8bitov
0101 - 5	10^9 = 1GHz
0110 - 6	10^6 = 1MHz
1000 - 8	10^3 = 1KHz
1001 - 9	2^10 = 1K
1010 - A	2^20 = 1M
1011 - B	2^30 = 1G
1100 - C	
1101 - D	
1110 - E	
1111 - F	

CPIR - realni CPI
CPII - idealni CPI brez zgrešitev v predpomnilniku
CPEcas - čas, ki ga CPE porabi za določen program
CPI - povprečno število urinih period na ukaz
MIPS - milijon ukazov na sekundo
fCPE - urin signal frekvence
MI - povprečno število pomnilniških dostopov na ukaz
(1 - H) - verjetnost zgrešitve
H - verjetnost zadetka
I - število ukazov
ta - povprečni dostopni čas
tap - čas dostopa do predpomnilnika
tag - čas dostopa do glavnega pomnilnika
tB - čas prenosa enega bloka iz navideznega pomnilnika
ba - hitrost dostopa
tc - čas cikla med dvema zaporednima dostopoma
tm - mrtvi čas (DRAM)
tCPE - urina perioda
tap - čas dostopa do pomnilnika
Pw - delež pisalnih dostopov (npr. 20% = 0,2)
Pr - delež bralnih dostopov (npr. 80% = 0,8)
Nw - pisalna zgrešitvena kazen (urine periode)
Nr - bralna zgrešitvena kazen (urine periode)
Hpp - verjetnost zadetka pri predpomnilniku

Predpomnilniško pravilo 2:1

- verjetnost zadetka direktnega predpomnilnika velikosti M je približno enaka verjetnosti zadetka set-asc. predpomnilnika s stopnjo E=2 in velikostjo M/2

Ne pozabi!!!!

60ns = 60 · 10^-9

16KB = 2^4 KB = 2^14 B

če imaš dano dolžino urine periode ali frekvenco ter vse podatke v urinih periodah, potem množi dane podatke s časom ene urine periode

čas dostopa = št. urinih period · dolžina urine periode

Dve vrsti pisalnih strategij

- pisanje skozi → informacija se vedno piše v predpomnilnik in v glavni pomnilnik, tako je vsebina bloka v predpomnilnikou in gl. pomnilniku vedno enaka
- pisanje nazaj → informacija se piše samo v predpomnilnik. Vsebina bloka v predpomnilniku je lahko različna od vsebine v gl. pomnilniku, pri zamenjavi je zato spremenjeni blok prenesti nazaj v gl. pomn.

Čisti asociativni pomnilnik

- lahko se preslika v katerikoli blok
- se preslika v set po modulu asociativnosti (npr. 13. naslov, št. setov je 4 → [13 mod 4 = 1])
- (fizični naslov) mod (št. setov) = set, v katerega se preslika
- lahko se preslika v katerikoli blok v danem setu
- direktni predpomnilnik
- (fizični naslov) mod (št. blokov) = blok, v katerega se preslika
- preslika se v točno določen blok

Amdahlov zakon

S(N) = N / (1 + (N - 1) · f)

f = (N - S(N)) / (S(N) · (N - 1))

S(N) - povečanje hitrosti celotnega računalnika
f - delež operacij, ki niso pohitrene
(1 - f) - delež operacij, ki so N-krat pohitrene

cevovodne nevarnosti

- kadar več stopenj cevovoda v isti urini periodi potrebuje isto enoto
- podatkovne nevarnosti
- kadar nek ukaz potrebuje rezultat predhodnega ukaza, ki pa še ni končan
- kontrolne nevarnosti
- pri ukazih, ki spreminjajo vrednost PC (skoki, klici,...)

Pomnilniško prepletanje

- pri m modulih imamo m-kratno prepletanje
- pri m-kratnem spodnjem prepletanjem je možno √m istočasnih dostopov

Dostop in navidezni pomnilnik

navidezni pomnilnik z odstranjevanjem:

- pomožni pomnilnik (disk) je razdeljen na strani (pages)
- glavni pomnilnik (RAM) je razdeljen na okvirje strani (page frames)
- vsako stran je možno prenesti v poljuben okvir
- velikost strani je potenca števila 2 → 2^meki
- preslikava navideznega v fizični naslov je definirana s pomočjo

tabele strani (page table) - ponavadi v RAM

o eno polje v tej tabeli je deskriptor strani

* zgradba deskriptorja:	parametri	štev. okvirja/FN
-------------------------	-----------	------------------

- zgradba navideznega pomnilniškega naslova:

n-1	p	p-1	0
štev. strani	naslov besede znotraj strani		

- imamo poseben register tabele strani, v katerem je shranjen začetni naslov tabele strani
- CPE generira navidezni naslov → vzame se od p do n-1 bitov in prišteješ k registru tabele strani → tako dobimo naslov deskriptorja v tabeli strani →
→ v deskriptorju imamo štev. okvirja, ki nam poda št. bloka v gl. pomn., ki ga iščemo

- zgradba fizičnega naslova:

f-1	p	p-1	0
štev. okvirja	naslov besede znotraj okvirja		

Formule:

št.strani v navideznem pom. = 2^(n-p)

št.okvirjev v gl. pom. = 2^(f-p)

največja možna velikost tabele strani = št.strani · dolžina deskriptorja

n - dolžina navideznega naslova v bitih

f - dolžina fizičnega naslova v bitih

p - velikost strani (okvirja) v bitih

navidezni pomnilnik s segmentacijo:

- namesto tabele strani imaš tabelo segmentov, ki vsebuje deskriptorje segmentov
- v deskriptorju je fizični naslov segmenta (namesto št. naslova/okvirja) in velikost segmenta
- število segmentov ni fiksno, velikost tabele ni vnaprej določena
- vsak program ima svojo tabelo segmentov

navidezni pomnilnik s segmentacijo z odstranjevanjem (linearna seg.):

- vsakemu programu pripada tabele segmentov in ena tabela strani za vsak segment tega programa

n-1	s	s-1	p	p-1	0
(n-s)-bitna številka segmenta (n-s)-bitni naslov strani v segmentu p-bitni naslov besede znotraj strani					

pohitritev preslikovanja:

- TLB - poseben predpomnilnik, ki vedno vsebuje samo deskriptorje
- dolžina bloka v TLB je enaka dolžini deskriptorja, v kontrolnem delu pa je številka strani, ki ji deskriptor pripada
- pri zadetku v TLB dostop do RAM-a ni potreben (v tem primeru ne pišemo tap dvakrat, ampak le enkrat)

ta = tap + tap + (1 - H) · tB

*če bi bila n-nivojska preslikava, moraš ta množiti z n (!!)

Na računalniku s pomnilniško besedo 1B in 32bitnim pomn. naslovom želimo narediti čisti asoc. predpomnilnik velikosti 32KB. Velikost bloka naj bo 32B.

$f = 32\text{bitov} = 4B$
 $n = 1B$ (dolžina pomn. besede)
 $M = 32KB = 2^{15}B$
 $B = 32B$
 $E = 1$

a) Kako velik bo pomnilniški del (št. besed in dolžina besede) tega predpomnilnika? $\boxed{\text{št.besed}} = \frac{M}{B} = \frac{2^{15}}{2^5} = \boxed{2^{10} \text{ besed}}$

b) Kako velik je potreben (št. besed in dolžina besede) kontrolni del tega predpomnilnika in kakšne vrste je glede na način dostopa? 32bit

31	12	11	4	3	0
naslov bloka		naslov seta (s)		naslov besede v bloku (b) / velikost bloka	

Odg.: biti za naslov: $\boxed{4} \cdot \boxed{11}$.

Naslednje vprašanje: V kateri set se preslika vsebina iz pomnilniškega naslova 10FFCFF_(hex)?

$\begin{matrix} 0000 & 0001 & 0000 & | & 1111 & | & 1111 & | & 1100 & | & 1111 & | & 1111 \\ & & & & 1 & & 0 & & F & & F & & C & & F & & F \end{matrix}$

$\begin{matrix} 76 & 54 & 32 & 1 & 0 \\ 11001111 & = & 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 1 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 207 \end{matrix}$

Odg.: Naslov se preslika v set 207.

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.

$f_{CPE} = 350\text{MHz}$
 $CPI = 5\text{ur.period}$
 $MIPS \text{ se zmanjša za } 0,12\%$
 $\text{periodeZaKlic} = 48$
 $\text{periodeZaVracanje} = 27$
 $\text{period zaradi prekinitve} = 48 + 27 = 75$

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

$\boxed{\text{kazalec zmogljivosti}} = 0,12\% \cdot MIPS = \boxed{0,084}$

torej: v eni sekundi je 84000 ukazov manj

$\boxed{\text{št.period}} = 84000 \cdot CPI = \boxed{420000 \text{ period}}$

$\boxed{\text{št.prekinitev(v 1s)}} = \frac{\text{št.period}}{\text{št.period zaradi prek.}} = \frac{420000}{75} = \boxed{5600 \text{ prekinitev/s}}$

$\boxed{\text{čas med dvema prekinitvama}} = \frac{1}{\text{št.prekinitev(v 1s)}} = \frac{1}{5600} = \boxed{0,178\text{ms}}$

CPE je narejena v obliki cevovoda z 8 segmenti

a) Na koliko podoperacij je potrebno razdeliti izvajanje posameznega ukaza pri takem cevovodnem procesorju? Odg.: na 8 podoperacij.

b) Kolikokrat večja je hitrost take CPE v primerjavi z necegovodno v idealnem primeru? Odg.: do 8 krat.

c) Naštej nekaj vzrokov, zaradi katerih takega povečanja hitrosti ni možno doseči. Odg.: kontrolne, podatkovne in strukturne nevarnosti

d) Ali je s tako zgradbo možno doseči CPI < 1? Odg.: ne, ni mogoče

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

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

$t_{\text{og}} = 50\text{ns} = 50 \cdot 10^{-9}\text{s}$
 $t_B = 10\text{ms} = 10 \cdot 10^{-3}\text{s}$
 $(1-H) = 10^{-6}$
 $t_B = ?$
 $t_{\text{og}} = t_{\text{og}} + t_{\text{og}} + (1-H) \cdot t_B$
 $t_{\text{og}} = 110 \cdot 10^{-9}\text{s} = \boxed{110\text{ns}}$

b) Mikrop procesor INTEL 80486 ima 32 naslovnih signalov.

a) Koliko bitov je dolg njegov programski števec? Odg.: 32bitov

b) Kako velik pomnilnik lahko neposredno nasloví ta mikrop procesor, če je dolžina pomn. besede 1B? Odg.: $2^{32} \cdot 1B = 4GB$

* če npr. piše, da je čas dostopa do glavnega pomnilnika zanemarljen, to pomeni, da namesto dveh t_{og} napišeš samo enega (!!!)

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

$t_{\text{og}} = 50\text{ns} = 50 \cdot 10^{-9}\text{s}$
 $t_B = 10\text{ms} = 10 \cdot 10^{-3}\text{s}$
 $H_{pp} = 98\% = 0,98$
 $(1-H_{pp}) = 0,02$
 $t_{\text{app}} = 5\text{ns} = 5 \cdot 10^{-9}\text{s}$
 $t_B = ?$
 $t_{\text{og}} = t_{\text{app}} + (1-H_{pp}) \cdot t_{\text{og}} + (1-H_{pp}) \cdot t_B + t_{\text{app}}$
 $t_{\text{og}} = 66 \cdot 10^{-9}\text{s} = \boxed{66\text{ns}}$

Računalnik z navideznim pomnilnikom ima naslednje lastnosti:

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

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

$n = 38$
 $f = 32$
 $\text{vel.strani} = 16KB = 2^9 = 2^{14}B$

$2^{n-f} = \frac{2^n}{2^f} = \frac{2^{38}}{2^{14}} = 2^{24}$ (št. strani v navideznem pomnilniku)

$2^{f-p} = \frac{2^f}{2^p} = \frac{2^{32}}{2^{14}} = 2^{18}$ (št. okvirov strani v gl. pomnilniku) → FN

6bitov	18bitov
dodatni parametri	
FN	

$\boxed{\text{deskriptor strani}} = 18\text{bitov} + 6\text{bitov} = 24\text{bitov} = \boxed{3B}$

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

$\text{št.strani} \cdot \text{deskriptor strani} = 2^{24} \cdot 3B = 2^{20} \cdot 2^4 \cdot 3B = 2^4 \cdot 3MB = 16 \cdot 3MB = \boxed{48MB}$

Za računalnik s predpomnilnikom in glavnim pomnilnikom izračunajte povprečni dostopni čas do pomnilnika kot ga vidi CPE. CPE deluje z urino periodo 10ns. Verjetnost zadetka v predpomnilniku je 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.

$t_{\text{ap}} = 1 = 10\text{ns}$
 $t_{CPE} = 10\text{ns} = 10 \cdot 10^{-9}\text{s}$
 $H = 0,96$
 $(1-H) = 0,04$
 $N_R = 8$
 $N_W = 16$
 $P_R = 0,75$
 $P_W = 0,25$
 $t_{\text{og}} = ?$
 $t_{\text{og}} = t_{\text{ap}} + (1-H) \cdot \text{zg.kazen}$
 $t_{\text{og}} = 10\text{ns} + 0,04 \cdot (0,75 \cdot 8 \cdot 10\text{ns} + 0,25 \cdot 16 \cdot 10\text{ns}) = \boxed{14\text{ns}}$

Mikro računalniki so imeli v 80. letih 18 naslovnih signalov in 18bitno naslovno vodilo.

a) Kolikšen je bil naslovni prostor teh računalnikov? Odg.: $2^{18} = 2^{10} \cdot 2^8 = 1K \cdot 256 = 256K$

b) Kolikšen je največji možni pomnilnik teh računalnikov v bajtih, če je bila pomnilniška beseda dolga 2B? Odg.: $2^{18} \text{ pomn.besed} = 2 \cdot 2^{18}B = 512KB$

Čisti asoc. pomn. dolžine 4K besed, 16 besed v bloku. Imamo program:

2048	
↓	2047+1
4096	
↓	229+1
4325	
↓	2329+1
6655	

a) Koliko je obveznih zgrešitev? Odg.: $((2048 + 230 + 2330)/16) + 1 = \boxed{289}$

b) Koliko je velikostnih zgrešitev? Odg.: $(2048 + 230 + 2330) = 4608$
 $4608 - 4096$ (4KB besed) = 512 (za koliko B zmanjka predpomnilnika/pp)
 $512/16 = \boxed{32}$

c) Koliko je konfliktnih zgrešitev? Odg.: 0, ker v čistem asoc. pomn. nimaš konfliktnih zgrešitev (pri ostalih pa imaš)

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

a) Koliko dostopov do gl. pomn. je potrebnih pri vsakem pomn. dostopu, če je tabela strani v gl. pomn. in računalnik nima preslikovalnega predpomnilnika? Odg.: Potrbna 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 navidezni? Odg.: Fizični: 26bitiv; Navidezni: 33bitov

c) Koliko Bajtov je dolg deskriptor v tabeli strani, če deskriptor vsebuje poleg številke okvirja strani še 3 dodatne parametre, ki zasedajo po vsak en bit? Odg.: $\text{št. strani v nav. pomn.: } 2^{n-p} = 2^{23-13} = 2^{20}$
 $\text{št. okvirov strani v gl. pomn.: } 2^{f-p} = 2^{26-13} = 2^{13}$
 $\boxed{\text{deskriptor strani}} = \text{št.okvirjev} + 3\text{dod. parametri}$
 $\text{deskriptor strani} = 13\text{bitov} + 3\text{biti} = 16\text{bitov} = \boxed{2B}$

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

$f_{CPE} = 200\text{MHz}$
 $B = 16\text{besed}$
 pisanje nazaj
 $N_R = 40\text{ur}$
 $N_W = 48\text{ur}$

a) Koliko besed na sekundo se prenaša v in iz gl. pomn., če je branj bloka iz gl. pomn. 70% in pisanj 30%?

$P_R = 70\%$
 $P_W = 30\%$
 $t_{CPE} = \frac{1}{f_{CPE}} = 5\text{ns}$
 $T_R = 40 \cdot 5 = 200\text{ns}$
 $T_W = 48 \cdot 5 = 240\text{ns}$
 $\boxed{\text{hitrost prenosa}} = \frac{1}{T_R \cdot P_R + T_W \cdot P_W} = \frac{1}{200 \cdot 0,7 + 240 \cdot 0,3} = \frac{1}{75,472\text{Mbesed}}$
 $= 4714\text{Mblokov/s} \cdot 16 = \boxed{75,472\text{Mbesed}}$

b) 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)

- v primeru zgrešitve vedno (100%) prenesemo blok iz RAM v predpomnilnik, v 35% pa pišemo nazaj

$\boxed{\Delta CPI} = (1-H) \cdot (N_R + 0,35 \cdot H_W) = 0,02 \cdot (40 + 0,35 \cdot 48) = \boxed{1,136}$

Računalnik ima nav. pomn. z odstranjevanjem. Čas dostopa do gl. pomn. je 55ns. Velikost strani je 64KB, verjetnost napake strani je 10^{-6} . Čas dostopa do nav. pomn. je 9ms, hitrost prenosa med nav. pomn. in gl. pomn. pa je 66MB/s. Izračunaj čas za prenos bloka.

$t_{\text{og}} = 55\text{ns} = 55 \cdot 10^{-9}$
 $\text{vel.strani} = 64KB = 64 \cdot 2^{10}B = 2^6 \cdot 2^{10}B = 2^{16}B$
 $t_{a(\text{navadni})} = 9\text{ms} = 9 \cdot 10^{-3}\text{s}$
 $t_{\text{prenosa}} = 66\text{MB/s} = 66 \cdot 2^{20}B/s$
 $t_B = ?$
 $t_B = \frac{t_{a(\text{navadni})} + \text{vel.strani}}{t_{\text{prenosa}}} = \frac{9 \cdot 10^{-3} + 2^{16}}{66 \cdot 2^{20}} = \boxed{947 \cdot 10^{-6}\text{s}}$

Mikroprocesor INTEL 8086 ima 20 naslovnih signalov A0-A19 in 8-bitno pomnilniško besedo.

a) Kolikšen je naslovni prostor tega procesorja? Odg.: $2^{20} \text{ naslovov} = 1M \text{ naslovov}$

b) Kolikšen je največji direktno naslovljiv pomnilnik v bajtih? Odg.: $2^{20} \cdot 1B = 1MB$ ali $1M \text{ pomn.besed}$

c) Kolikšna je najmanjša dolžina PC (programskega števca)? Odg.: 20bitov