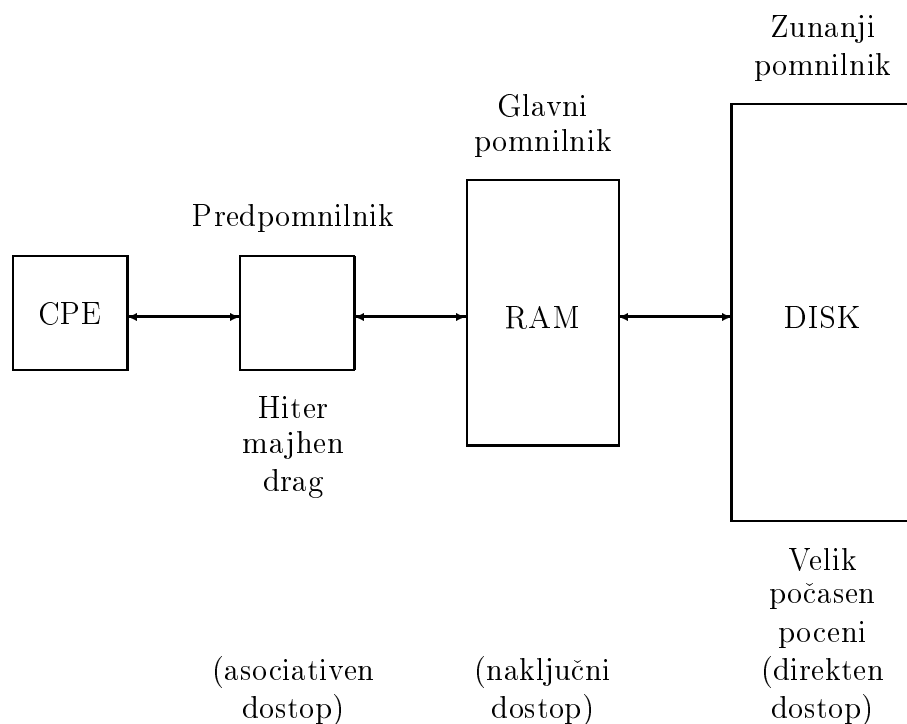


Pomnilniška hierarhija

- Med izvajanjem programa procesor naslavlja pomnilnik.
- Za večino današnjih programov (procesov) velja empirično ugotovljena lastnost, da je naslavljanje – **pomnilniške reference** lokalnega značaja.
- Reference se grupirajo krajevno in časovno:
 - **časovna lokalnost**: referenca, ki je bila dana v nekem trenutku se bo z veliko verjetnostjo kmalu ponovila.
 - **krajevna lokalnost**: referenca v naslednjem trenutku se bo z veliko verjetnostjo malo razlikovala od predhodnjih referenc.
- Tako prepomnilnik kot navidezni pomnilnik temeljita na **lokalnosti pomnilniških referenc**.



Predpomnilnik

- V splošnem je procesor veliko hitrejši od pomnilnika.
- Naloga predpomnilnika je **pohitritev** delovanja računalnika oziroma pohitritev napredovanja programa.
- Predpomnilnik hrani kopijo vsebine majhnega dela glavnega pomnilnika. Do predpomnilnika ima procesor hiter dostop.
- Pri dostopanju procesorja do pomnilnika obstajata dve možnosti:
 - zadetek (potrebna vsebina je v predpomnilniku) in
 - zgrešitev (potrebne vsebine ni v predpomnilniku).
- V primeru **zadetka** oziroma take pomnilniške reference, za katero je kopija vsebine glavnega pomnilnika tudi v predpomnilniku, je procesorju zagotovljen hiter dostop. V obratnem primeru oziroma v primeru **zgrešitve**, je potreben običajni (daljši) pomnilniški cikel in "polnjenje" predpomnilnika.
- Dokler je v predpomnilniku vsebina, ki je procesorju trenutno potrebna, je napredovanje programa hitro. S tem se (navidezno) skrajša čas dostopa do glavnega pomnilnika, oziroma skrajša se efektivni čas, ki ga procesor rabi za naslavljanje pomnilnika.

•

$$T_e = p \times T_c + (1 - p) \times T_m$$

- T_c : čas dostopa do predpomnilnika
- T_m : čas dostopa do glavnega pomnilnika
- T_e : efektivni dostopni čas
- p : verjetnost zadetka

Verjetnost zadetka mora biti velika, za kar je potrebna lokalnost referenc.

Vrste predpomnilnikov - po vsebini

- **Enotni ali homogeni:** hrani ukaze in podatke.
- **Deljeni:** ločen predpomnilnik za ukaze in podatke.

Vsak ima svoje prednosti in slabosti.

Vrste predpomnilnikov - glede na preslikavo

Vsebina glavnega pomnilnika se lahko "preslika" v predpomnilnik na več načinov:

- **asociativen** (ali tudi popolnoma asociativen),
- **delno asociativen** (ang. Set-Associative), asociativnost dane stopnje,
- **direkten** (ali direktno preslikan) predpomnilnik.

Zgradba predpomnilnika

- **Vsebinski del:**

- organiziran v enako dolge "vrstice" ali "bloke". (tipično 4 do 64 bajtov).
- Ena vrstica predpomnilnika lahko hrani kopijo zaporednih pomnilniških besed glavnega pomnilnika.

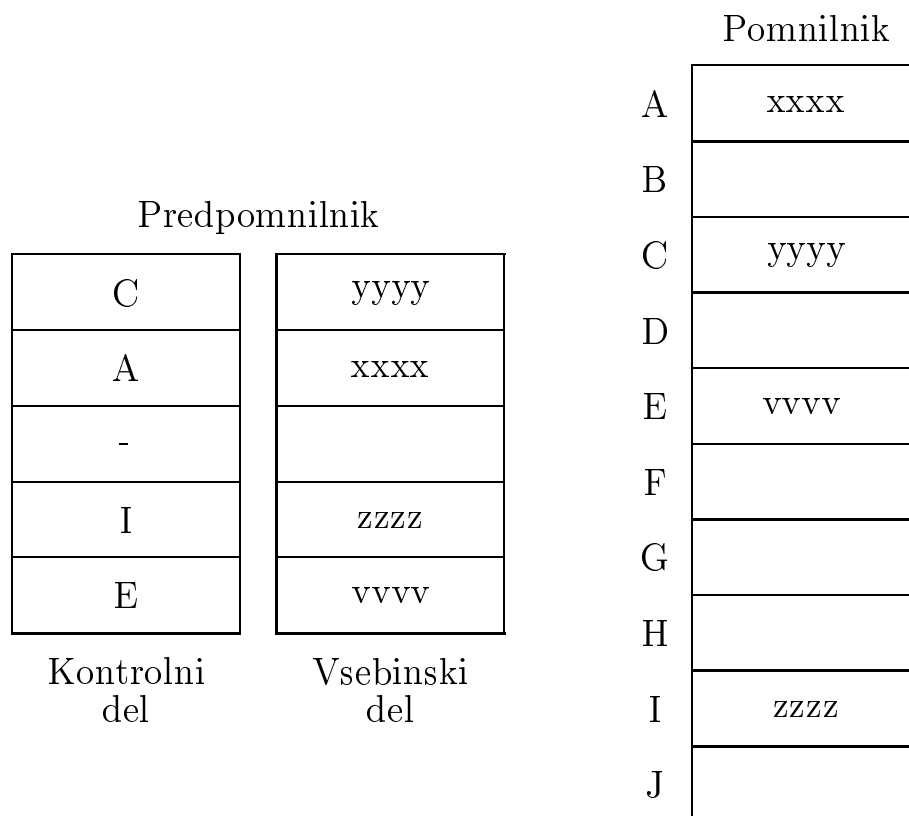
- **Kontrolni** (ali "naslovni") del

- Vsaki vrstici pripada kontrolni del.
- Kontrolni del vsebuje 'naslovno značko' (ang. address tag), ki enoznačno določa preslikavo med vsebino v glavnem pomnilniku in v predpomnilniku,
- dodatne bite 'veljavnosti', 'umazanosti' oziroma 'koherence'. in podobno.

Kontrolni del	Vsebinski del	
značka	Vsebina	Vrstica

Asociativen predpomnilnik

- Katerakoli vrstica glavnega pomnilnika se lahko preslika v katerokoli vrstica predpomnilnika.
- Kakovosten, a drag.



- V primeru, da je predpomnilnik poln, je potrebno "prekriti" eno od vrstic.
- Kako ukrepati - katero vrstico prekriti? Strategije:
 - optimalno: tisto, ki ne bo večpotrebna (kako)?
 - tisto, ki ni bila že dolgo uporabljena (LRU),
 - tisto, ki ni bila v kratkem uporabljena (NUR),
 - tisto, ki ni bila malokrat uporabljena (LFU),
 - i.t.d.,
 - naključno.

Direkten predpomnilnik

Vsebina glavnega pomnilnika se direktno preslika v predpomnilnik.

- Vsebina določene pomnilniške besede (vrstice) se slika vedno v isto vrstico predpomnilnika,
- V predpomnilnik ni možno sočasno namestiti pomnilniških besed z enako adresno značko.

Kontrolni del	Vsebinski del	Oznake stolpcev				
		0	1	2	3	
0	xxxx	A	xxxx			
1	yyyy	B		yyyy		
1	zzzz	C		zzzz		
2	uuuu	D			uuuu	
0	vvvv	E	vvvv			
-		F				
3	www	G				www

Predpomnilnik Glavni pomnilnik

Delno asociativen predpomnilnik

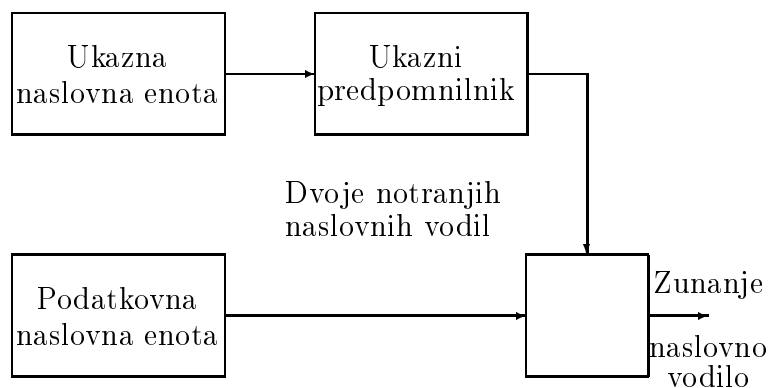
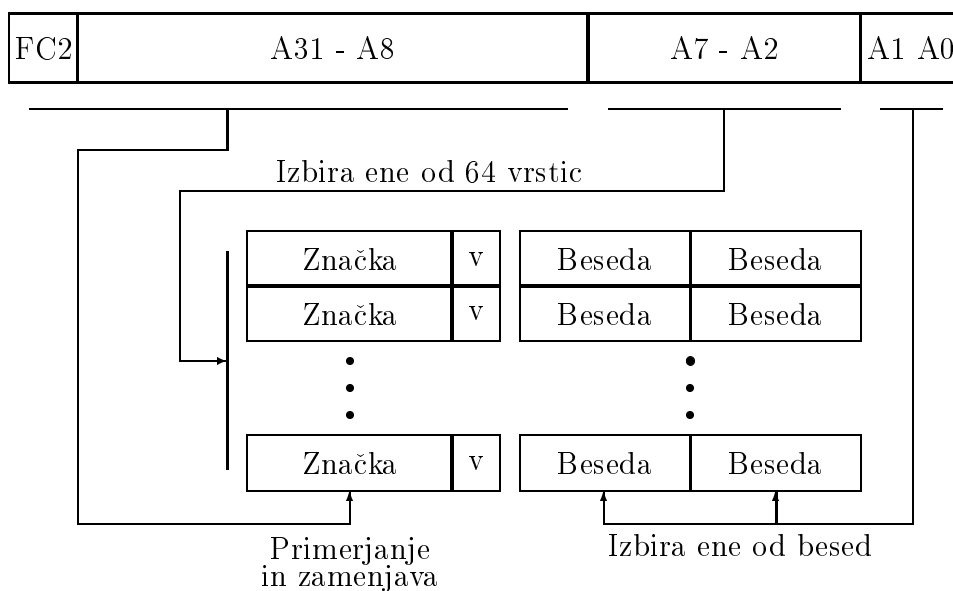
Asociativnost obstaja samo na nivoju podmnožice pomnilniških naslovov.

Kontrolni del	Vsebinski del	Oznake stolpcev				
		0	1	2	3	
0	xxxx	A	xxxx		aaaa	
1	yyyy	B	bbbb	yyyy		
-		C		zzzz		
2	uuuu	D			uuuu	cccc
0	vvvv	E	vvvv		dddd	
-		F				
3	www	G				www

Predpomnilnik Pomnilnik

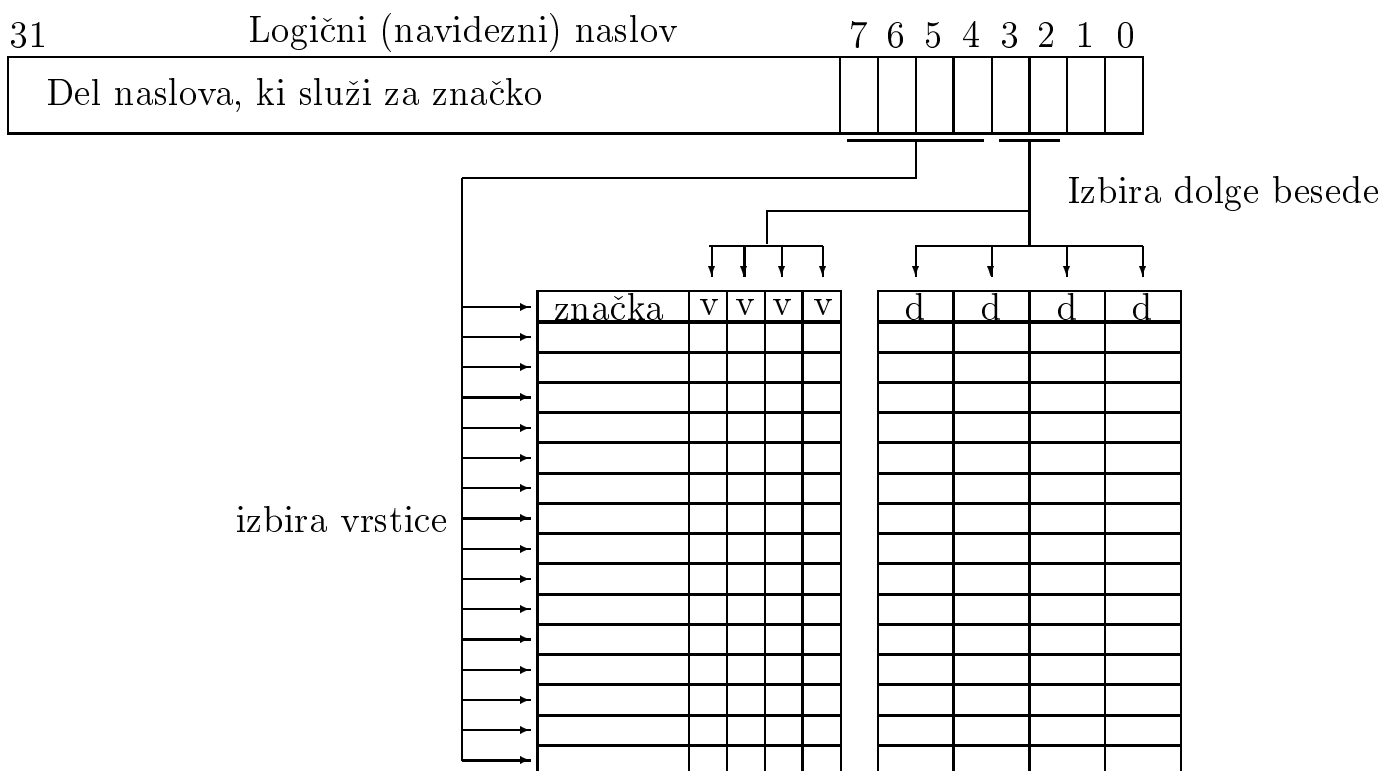
Predpomnilnik mikroprocesorja MC68020

- Razmeroma majhen in enostaven (256 bajtov),
- razmeroma kratka vrstica (4 bajte),
- preslikava direktnega tipa,
- samo za ukaze ("homogeni" ukaznega tipa),
- razbremenjeno vodilo ukaznih referenc (prevzemanje ukazov), ki je zato v celoti na razpolago podatkovnim prenosom.



Predpomnilnik mikroprocesorja MC68030

- Predpomnilnik deljenega tipa (2 x 256 bajtov),
- daljša vrstica (16 bajtov),
- omogoča delno (posamično) polnjenje vrstice,
- preslikava direktnega tipa,
- predpomnjenje "logičnih" in ne fizičnih referenc (v pogledu navideznega pomnilnika).



Predpomnilniška skladnost ali koherentnost

- S tem izrazom označujemo enakost (skladnost) vsebine predpomnilnika z vsebino glavnega predpomnilnika.
- Ta problem se pojavlja v zvezi z operacijo vpisa v pomnilnik in v večprocesorskih sistemih.
- Obstajata dva osnovna tipa predpomnilnika:
 - *Vpis nazaj* (ang. Write-Back ali Copy-Back)
 - *Vpis skozi* (ang. Write-Through).
- Možna sta dva primera: zadetek (vsebina je že v predpomnilniku) ali zgrešitev. Navedena tipa se razlikujeta predvsem v primeru zgrešitve (vsebina še ni bila v predpomnilniku), v primeru zadetka se vsebina v predpomnilniku običajno vedno obnovi.

Vpis skozi

- V primeru zadetka se vpiše v predpomnilnik in v glavni pomnilnik.
- V primeru zgrešitve se podatek vpiše v glavni pomnilnik, v predpomnilnik pa le izjemoma.

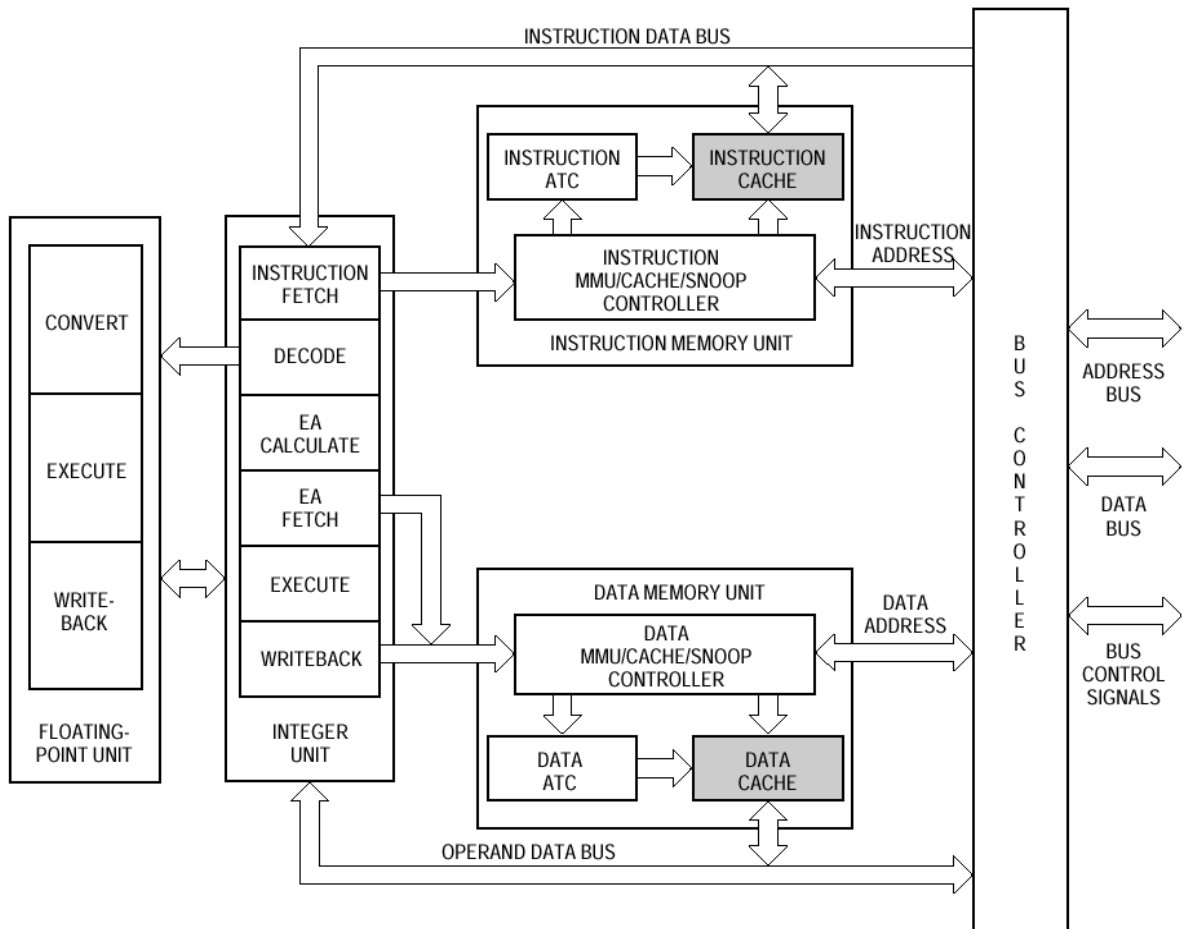
Vpis nazaj

- V primeru zadetka se vsebina vedno vpiše v predpomnilnik, do vpisa v glavni pomnilnik pa pride enkrat kasneje (zakasneli ali zadržani vpis), ko je to potrebno, recimo predno se vrstica prekrije. Do tedaj je vsebina 'umazana'.
- V primeru zgrešitve se običajno dodeli predpomnilnik ob vpisu (podatek se torej v vsakem primeru vpiše v predpomnilnik).

Vpis naokrog

- Predpomnilnik se dodeljuje izključno ob operaciji branja in nikoli ob vpisu.

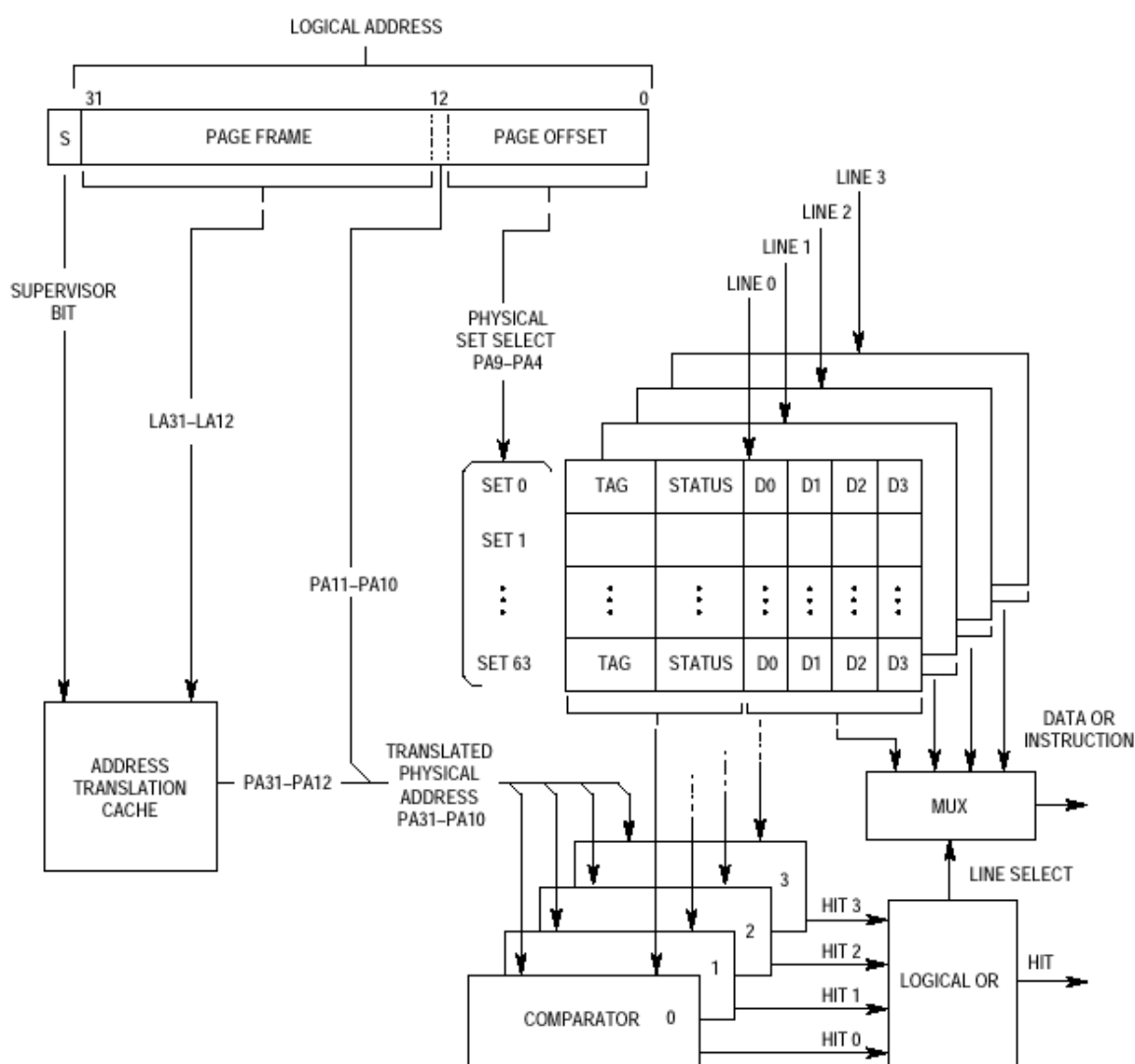
Predpomnilnik mikroprocesora MC68040



- Predpomnilnik deljenega tipa,
- velikost predpomnilnikov: 2 x 4 KB,
- predpomnjenje fizičnih naslovov.

Predpomnilnik mikroprocesora MC68040

- 4-stransko delno asociativen predpomnilnik,
- 64 skupin s po štirimi 16 bajtnimi vrsticami,
- prekrivanje vrstic je psevdo naključno,
- vpis skozi ali vpis nazaj.



Predpomnilnik mikroprocesorjev P6, npr. Pentium II

- Dvonivojski predpomnilnik, velikost odvisna od izvedbe.
- Predpomnilnik prvega nivoja (L1): deljenega tipa:
 - 8/16KB ukaznega pomnilnika, 4 stransko delno asociativen, 32 bajtna vrstica,
 - 8/16KB ukaznega pomnilnika, 4 stransko delno asociativen, 32 bajtna vrstica.
- Predpomnilnik drugega nivoja (L2): homgenega tipa, 128/256/512 KB, 1/2 MB, 4 stransko delno asociativen, 32 bajtna vrstica.

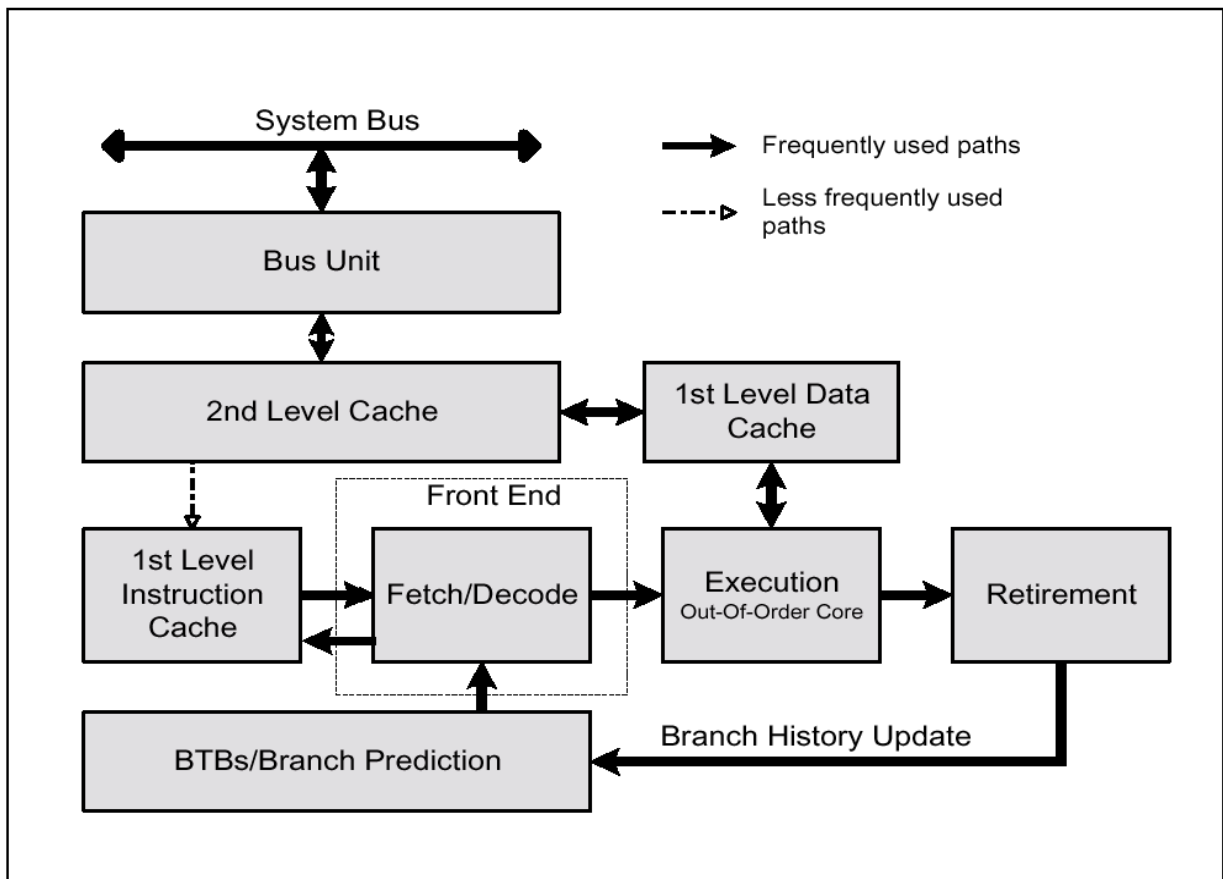


Figure 2-1. The P6 Processor Micro-Architecture with Advanced Transfer Cache enhancement

Predpomnilnik mikroprocesorjev P4, Xeon

- Dvonivojski predpomnilnik, velikost odvisna od izvedbe.
- Predpomnilnik prvega nivoja (L1): podatkovni predpomnilnik kot pri P6.
- Ukaznega predpomnilnika nima. Ukazni predpomnilnik nadomesti mikroprogramski predpomnilnik (sledilni predpomnilnik), ki hrani dekodirane ukaze.
- Predpomnilnik drugega nivoja (L2): homogenega tipa, 8 stransko delno asociativen, 64 bajtna vrstica.

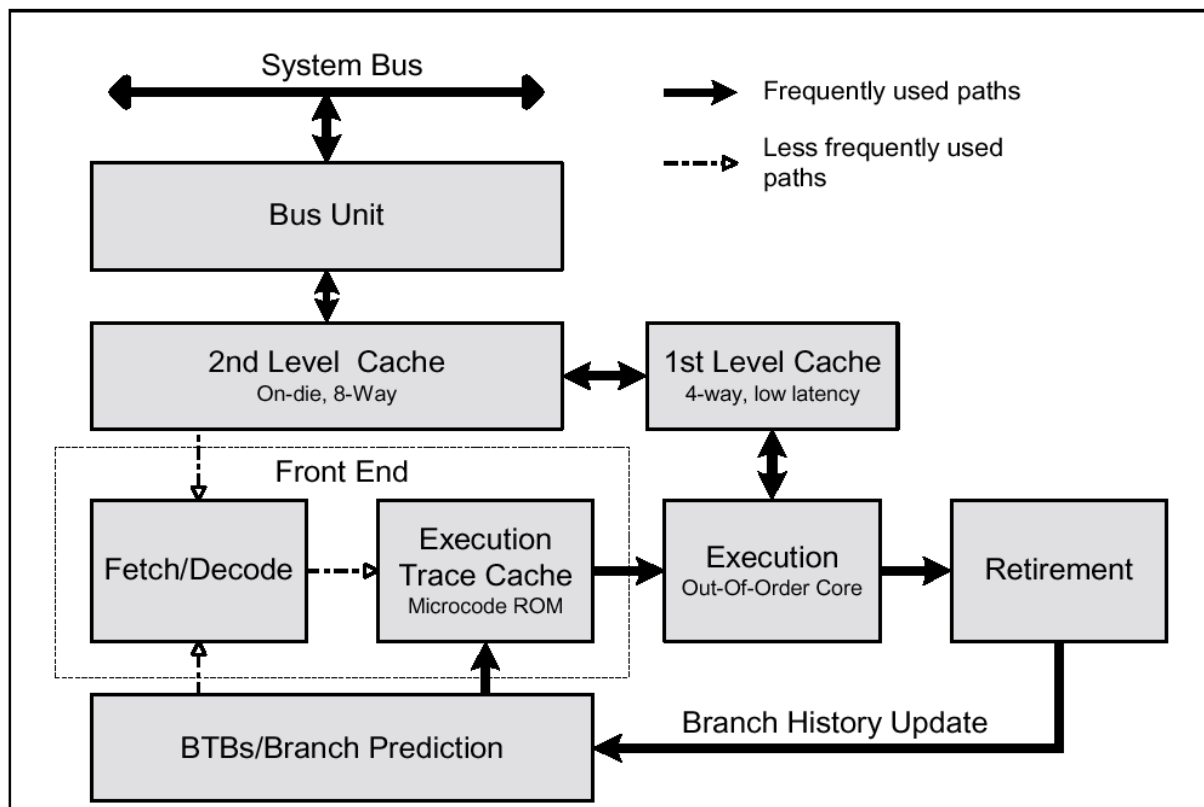


Figure 2-2. The Intel NetBurst Micro-Architecture

Povzetek - vrste predpomnilnikov

- Vsebina: deljeni, homogeni.
- Preslikava: asociativni, delno asociativni, direktni.
- Polnjenje: ob branju, ob branju in vpisu.
- Prekrivanje: LRU, NUR, naključno, ...
- Vpis: vpis skozi, vpis nazaj.
- Nivoji: enonivojski, dvonivojski, trinivojski.
- Namen: pohiritev dostopa do vsebine pomnilnika, pohiritev preslikave logičnih v fizične naslove (TLB, ATC), optimizacije skokov, vejitev, ...