

Protočnost

(Građa računala, Arhitektura i organizacija računarskih sustava, str. 429 - 440)

Pojam protočnosti

Oblik paralelizma ili istodobnog izvođenja više operacija koji se dobiva rastavljanjem nekog složenijeg zadatka na manje zadatke (podzadatke) koji jedan drugoga slijede određenim redom i izvršavaju se u dodijeljenim samostalnim jedinicama

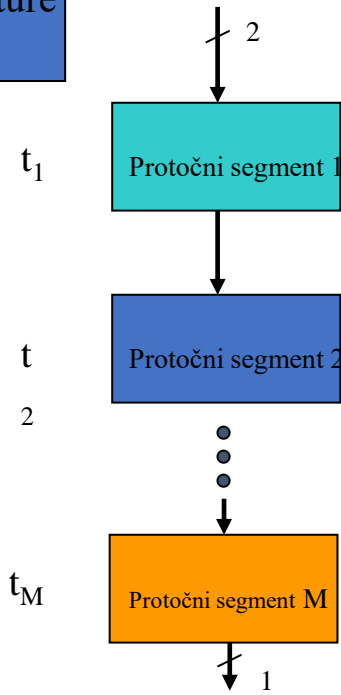
Samostalne jedinice – „protočni segmenti”

Istodobno aktivne, tako da se izvršavanje podzadataka prekriva u vremenu

Analogija: industrijska proizvodnja na tekućoj vrpici

Proizvodi putuju na tekućoj vrpici, a autonomni specijalizirani robotski obrađivači obavljaju nad njima određene operacije. Istovremeno je veći broj proizvoda prisutan na tekućoj vrpici i svi su robotski obrađivači istodobno aktivni.

Model protočne strukture dubine M



- $N \gg M$ parova operanada
- Vrijeme obrade u protočnom segmentu: $t_1 = t_2 = \dots = t_M = t_s$

Prvi rezultat: $M \cdot t_s$
 Svaki slijedeći rezultat nakon t_s
 Vrijeme obrade N parova operanada:
 $T_N = Mt_s + (N - 1) t_s$
 Vrijeme obrade jednog para operanada:
 $T_{ef} = T_N / N$
 $T_{ef} = (Mt_s + (N - 1) t_s) / N$

Vrijeme obrade para operanda:

$$T_{ef} = (Mt_S + (N - 1) t_S) / N$$

$$N \gg M; N \rightarrow \infty$$

$$T_{\infty} = \lim_{N \rightarrow \infty} ((Mt_S + (N - 1) t_S) / N)$$

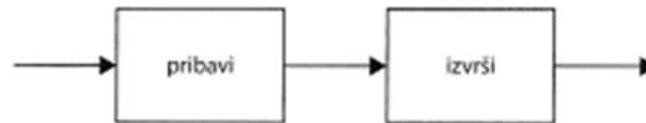
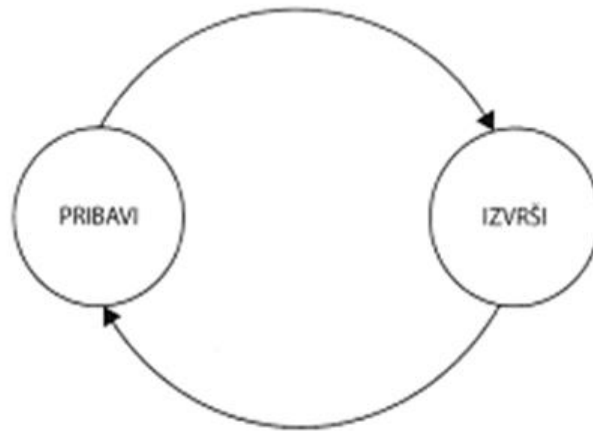
Vrijeme obrade jednog
para operanada:

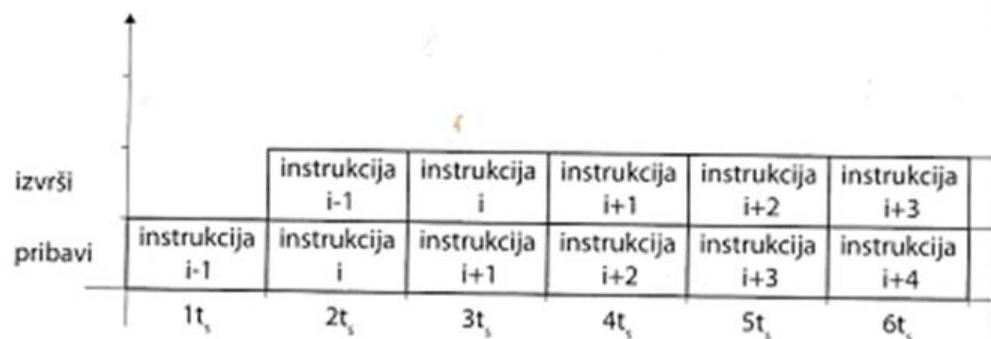
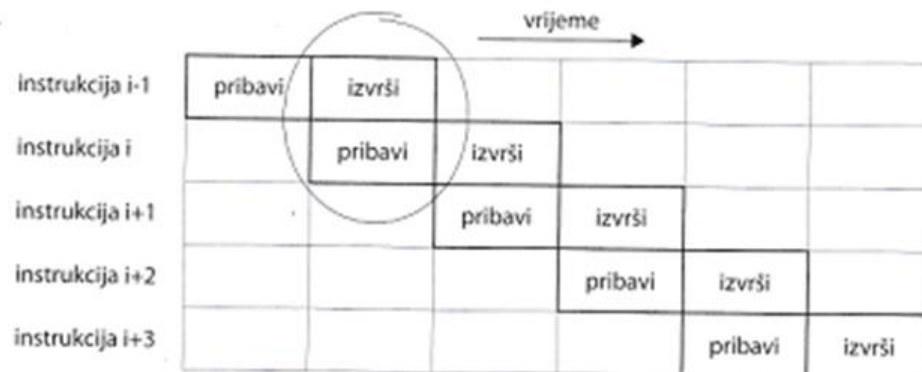
$$T_{\infty} = t_S !!!$$

Protočnost – značajka RISC i CISC procesora!

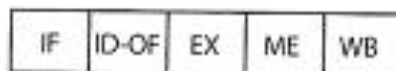
Protočnost je u suvremenim računalima prisutna u različitim segmentima računalnog sustava:

- ALU (npr. aritmetičke operacije s brojevima s pomičnim zarezom faze zbrajanja: oduzimanje eksponenata, poravnavanje mantisa, zbrajanje, normalizacija rezultata)
- Glavna memorija (čekanje jednog podatka istovremeno s adresiranjem sljedećeg, i složeniji memorijski protokoli)
- Priručna memorija (faze: adresna translacija, dekodiranje i čitanje retka, dekodiranje stupca i izbor, usporedba značke i utvrđivanje valjanosti)
- Upravljačka jedinica (instrukcijska protočna struktura; npr. preklapanje faza „pribavi” i „izvrši” ili još elementarnijih funkcija)





Klasična RISC protočna struktura sastoji se od 5 segmenata



Legenda:

IF - pribavljanje instrukcije

ID-OF - dekodiranje instrukcije i dohvatanje operanada

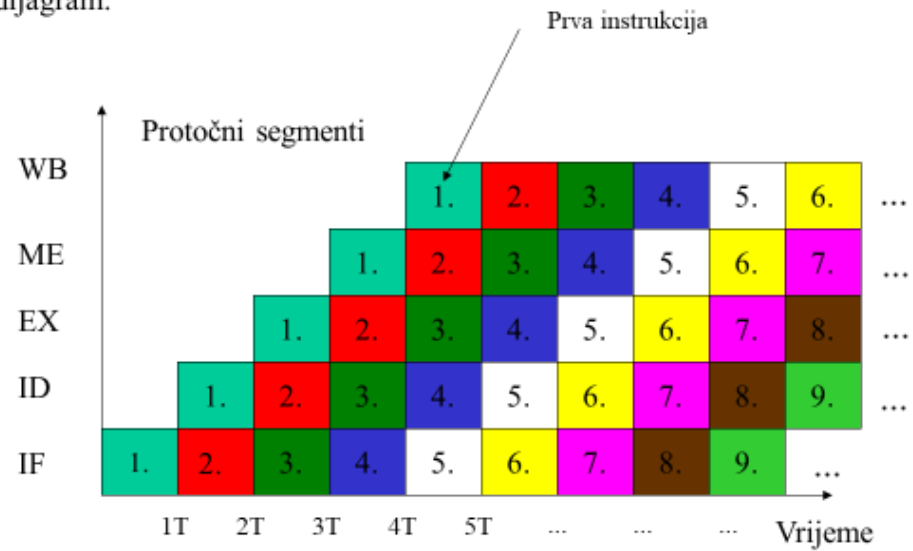
EX - izvršavanje instrukcije

ME - pristup memoriji

WB - upis rezultata ili podataka

Simbolički prikaz instrukcijske protočne strukture RISC procesora

Ganttov dijagram:



S. Ribaric, AIOR

Primjer:

Model protočne strukture: $M = 7$ segmenata; $t_{s_i} = 40$ ns; $i = 1, 2, \dots, 7$.

Za $N = 10000$ identičnih operacija odredite faktor ubrzanja obrade $S_p = T/T_p$, gdje je T vrijeme obrade u neprotočnoj strukturi a T_p vrijeme obrade u protočnoj strukturi.

$$T_p = Mt_s + (N-1)t_s = 7 \times 40 + (10000 - 1) \times 40 = 280 + 399960 = 400240 \text{ ns}$$

$$T = N \times (M \times 40) = 10000 \times 280 = 2800000 \text{ ns}$$

$$S = 2800000 / 400240 = 6,996$$

Faktor ubrzanja obrade približno jednak “dubini” protočne strukture $M = 7$

Primjer:

$M = 7$; $N = 10000$;

$t_{s_i} = 40$ ns za $i = 1, 2, 3, 4$; $t_j = 45$ ns za $j = 5, 6, 7$.

Protočna struktura je sinkrona!

Uzima se vrijeme obrade **najsporijeg** protočnog segmenta

$$T_p = Mt_s + (N-1)t_s = 7 \times 45 + (10000 - 1) \times 45 = 450270 \text{ ns}$$

$$T = 4 \times 40 + 3 \times 45 = 2950000 \text{ ns}$$

$$S = 2950000/450270 = 6.552$$

- ⇒ Za učinkovitost protočne strukture pogodno je da su pojedini podzadatci (protočni segmenti) jednake ili približno jednake složenosti
- ⇒ To je tipično zadovoljeno u RISC instrukcijama (mali skup instrukcija podjednakog stupnja složenosti) dok je kod CISC instrukcijskih skupova teže i učinkovitost je slabija
- ⇒ Ipak, protočnost se danas koristi i u CISC i u RISC procesorima