

## Rešenja zadataka - Decembar 2006

### Zadatak 1

Taktna frekvencija procesora X iznosi 1 GHz. Za izvršenje *integer* operacija potreban je 1 taktni period, za memorijske operacije potrebna su 2 takta, a za *floating point* operacije potrebna su 4 takta. Na procesoru X izvršava se program koji se sastoji od 35% *floating point* operacija, 30% memorijskih operacija, i 35% *integer* operacija.

Pretpostavimo da ste projektant procesora Y koji prilikom izvršenja istog programa ima bolje performanse od procesora X. Za poboljšanje performansi postoje dve mogućnosti:

1. Povećanje taktne frekvencije na 1.2 GHz, pri čemu se trajanje memorijskih operacija povećava i iznosi 3 taktne intervale.

2. Smanjenje taktne frekvencije na 900 MHz, pri čemu se trajanje *floating point* operacija smanjuje i iznosi 3 taktne intervale.

Izračunati ubrzanje za oba slučaja i na osnovu toga doneti odluku o tome koja je opcija bolja.

### Odgovor:

Procesor X:

$$\text{CPI} = 1 * 0.35 + 2 * 0.30 + 4 * 0.35 = 0.35 + 0.60 + 1.40 = 2.35 \text{ cycles/instruction}$$

Procesor Y - opcija 1:

$$\text{CPI} = 1 * 0.35 + 3 * 0.30 + 4 * 0.35 = 0.35 + 0.90 + 1.40 = 2.65 \text{ cycles/instruction}$$

Procesor Y - opcija 2:

$$\text{CPI} = 1 * 0.35 + 2 * 0.30 + 3 * 0.35 = 0.35 + 0.60 + 1.05 = 2.00 \text{ cycles/instruction}$$

Vreme trajanja "prosečne" instrukcije (sekunde/instrukcija) može se odrediti deljenjem CPI-a (broj\_taktova/instrukcija) i taktne frekvencije (broj\_taktova/sekunda):

$$\text{Procesor X: } 2.35 / 1.0 = 2.35 \text{ ns/instrukcija}$$

$$\text{Y - opcija 1: } 2.65 / 1.2 = 2.21 \text{ ns/instrukcija}$$

$$\text{Y - opcija 2: } 2.00 / 0.9 = 2.22 \text{ ns/instrukcija}$$

Onda izračunavamo ubrzanje kao:

$$\text{Y - opcija 1: } 2.35 / 2.21 = 1.063$$

$$\text{Y - opcija 2: } 2.35 / 2.22 = 1.059$$

Znači "procesor Y - opcija 1 je 6.3% brži od procesora X, a procesor Y - opcija 2 je 5.9% brži od procesora X" ili "procesor Y - opcija 1 je 1.063 puta brži od procesora X, a procesor Y - opcija 2 je 1.059 puta brži od procesora X".

### Zadatak 2

Razmotriti sledeći aritmetički izraz:

$$D = A * B - C;$$

$$E = (D + B) * A * B;$$

gde su promenljive A, B i C adrese memorijskih lokacija u kojima su inicijalno smešteni izvorni operandi, a D i E predstavljaju određene memorijske adrese u koje se upisuju dobijeni rezultati.

Napisati najoptimalniji pseudo-assembly kod date sekvence za sledeće tipove procesora:

1) arhitektura procesora je tipa registar-u-registar a koriste se tro-adresne instrukcije; za obraćanje memoriji koriste se *Load* i *Store* instrukcije.

2) arhitektura procesora je tipa memorija-u-memoriju a koriste se tro-adresne instrukcije.

3) arhitektura procesora je tipa memorija-u-memoriju a koriste se dvo-adresne instrukcije.

4) arhitektura procesora ima jedan akumulator a koriste se jedno-adresne instrukcije.

Pretpostaviti da su sve vrednosti podataka obima 4 bajta, za opkod je potreban 1 bajt, za memorijsku adresu 2 bajta, a registri se specificiraju sa 4 bita (pola bajta). Takođe pretpostaviti da instrukcije moraju biti celobrojni umnošci bajtova. Za sva četiri slučaja (za svaku instrukciju) odrediti veličinu koda u bajtovima, kao i potreban broj bajtova za smeštanje svih podataka u memoriju.

**Odgovor:**

1)

| Instrukcija    | Veličina koda (bajt) | Veličina mem. podat. (bajt) |
|----------------|----------------------|-----------------------------|
| load R1, A     | 4                    | 4                           |
| load R2, B     | 4                    | 4                           |
| mul R1, R1, R2 | 3                    |                             |
| load R3, C     | 4                    | 4                           |
| sub R3, R1, R3 | 3                    |                             |
| store D, R3    | 4                    | 4                           |
| add R2, R3, R2 | 3                    |                             |
| mul R1, R2, R1 | 3                    |                             |
| store E, R1    | 4                    | 4                           |
| Ukupno:        | 32                   | 20                          |

2)

| Instrukcija | Veličina koda (bajt) | Veličina mem. podat. (bajt) |
|-------------|----------------------|-----------------------------|
| mul T, A, B | 7                    | 12                          |
| sub D, T, C | 7                    | 12                          |
| add L, D, B | 7                    | 12                          |
| mul D, L, T | 7                    | 12                          |
| Ukupno:     | 28                   | 48                          |

3)

| Instrukcija | Veličina koda (bajt) | Veličina mem. podat. (bajt) |
|-------------|----------------------|-----------------------------|
| mul A, B    | 5                    | 8                           |
| mov T, A    | 5                    | 8                           |
| sub A, C    | 5                    | 8                           |
| add A, B    | 5                    | 8                           |
| mul A, T    | 5                    | 8                           |
| mov E, A    | 5                    | 8                           |
| Ukupno:     | 30                   | 48                          |

4)

| Instrukcija | Veličina koda (bajt) | Veličina mem. podat. (bajt) |
|-------------|----------------------|-----------------------------|
| load A      | 3                    | 4                           |
| mul B       | 3                    | 4                           |
| store L     | 3                    | 4                           |
| sub C       | 3                    | 4                           |
| store D     | 3                    | 4                           |
| add B       | 3                    | 4                           |
| mul L       | 3                    | 4                           |
| store E     | 3                    | 4                           |
| Ukupno:     | 24                   | 24                          |

**Zadatak 3**

Unutrašnja petlja date programske sekvence na C-u može se napisati na asemblerskom jeziku mikroprocesora MIPS na sledeći način:

```

sum = 0;
for (int i = 0; i < max; ++ i) {
    sum += A[i] * B[i];
}

LOOP: add $3, $3, 4
      lw $5, -4($3)
      add $4, $4, 4
      lw $6, -4($4)
      mul $7, $5, $6
      add $8, $8, $7
      bne $3, $9, LOOP

```

Pretpostaviti da se sekvenca izvršava na protočnoj mašini sa 5 stepena koji obavljaju sledeće funkcije:

- F - pribavljanje instrukcije
- D - dekodiranje instrukcije i određivanje uslova grananja
- E - pribavljanje operanada i izvršenje operacije
- M - pristup memoriji
- W - upis rezultata u određeni registar

Nacrtati vremenski dijagram izvršenja date sekvence. Odrediti CPI petlje (steady state CPI) uzimajući u obzir trajanje jedne iteracije (vreme od početka jedne do početka druge iteracije).

**Odgovor:**

| Inst | iter | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 0 | 1 | 2 |
|------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Add  | N    | F | D | E | M | W |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Lw   | N    |   | F | D | S | S | E | M | W |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Add  | N    |   |   | F | S | S | D | E | M | W |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Lw   | n    |   |   |   |   |   | F | D | S | S | E | M | W |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| Mul  | n    |   |   |   |   |   |   | F | S | S | D | S | S | E | M | W |   |   |   |   |   |   |   |
| Add  | n    |   |   |   |   |   |   |   |   | F | S | S | D | S | S | E | M | W |   |   |   |   |   |
| Bne  | N    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | F | S | S | D | E | M | W |   |   |   |   |
| Add  | N+1  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | S | F | D | E | M | W |   |   |

CPI = 16/7

**Zadatak 4**

Brzina rotacije diska je 6000 obrtaja/minut. Prosečno vreme pozicioniranja glave diska na željenu pistu (*seek time*) iznosi 15 ms. Svaka pista ima 256 sektora, a sektor je veličine 512 B. Disk je povezan sa memorijom preko U/I magistrale. Propusnost U/I magistrale je 4 MB/s. Disk ima implementirano disk-keš, kao bafer memoriju, za privremeno smeštanje podataka. Disk keš omogućava dvostrani pristup u jednom trenutku. Prvi sa diska ka disk-kešu, a drugi sa disk-keša, preko U/I magistrale, ka memoriji računara. Oba načina prenosa su dvosmerna.

- a) Odrediti maksimalnu propusnost diska ne uzimajući u obzir propusnost magistrale, vreme pozicioniranja i latenciju diska. Odrediti minimalno vreme (u sekundama) potrebno za prenos 40 MB podatka sa diska.
- b) Koliko vremena je potrebno za prenos sekvencijalnog podatka veličine 128 kB sa diska u memoriju? Pretpostaviti da su podaci sekvencijalno memorisani na jednoj pisti.
- c) Koliko vremena je potrebno za prenos bloka podatka veličine 128 kB sa diska u memoriju? Pretpostaviti da su podaci locirani po sektorima koji su slučajno raspoređeni na disku.

## Odgovor

a) Da bi se postigla maksimalna propusnost diska posebno je da se podaci sa piste čitaju sekvencijalno i da se ne uzima u obzir vreme pozicioniranja i latencija.

Za vreme jedne rotacije koja traje  $\frac{60\text{s}}{6000\text{ obrtaja}} = 10\text{ ms}$  disk može da pročita jednu pistu čija je veličina

$$256 * 512\text{ B} = 128\text{ kB} . \text{ Prema tome, propusnost diska je } \frac{128\text{ kB}}{10\text{ ms}} = 12800\text{ kB/s} = 12.8\text{ MB/s} .$$

Međutim, U/I magistrala predstavlja „usko grlo“ sistema i ima propusni opseg od 4 MB/s, pa je za prenos bloka podataka veličine 40 MB potrebno minimalno 10 s.

b) Brzina prenosa podataka je ograničena U/I magistralom pa je

$$t_{\text{seek}} + t_{\text{rotation}} + t_{\text{transfer}} = 15\text{ms} + \frac{60}{2 * 6000}\text{s} + \frac{128\text{KB}}{4\text{ MB/s}} = 15\text{ms} + 5\text{ms} + 32\text{ms} = 52\text{ms}$$

c) Kao i u prethodnim slučajevima, vreme pozicioniranja ( $t_{\text{seek}}$ ) je 15 ms. Jedna rotacija traje 10 ms jer je rotaciona brzina 6000 obrtaja/minut, ili 100 obrtaja/sekundi. Latencija diska odgovara polovini rotacije i iznosi 5 ms. Za veličinu podatka od 128 kB potrebno je  $2^{(17-9)} = 2^8$ , odnosno 256 sektora.

Vreme potrebno da se pročita jedan sektor ( $t_{\text{transfer}}$ ) je  $10\text{ms} * (1/256) = 0.04\text{ms}$ . Vreme potrebno U/I magistrali da prenese jedan sektor iznosi  $512\text{B}/4\text{MB} * 1\text{s} = 0.128\text{ms}$ . Ovo vreme je duže ali se može preklopiti sa vremenom pozicioniranja i vremenom latencije narednog sektora.

Ukupno vreme pristupa disku za svaki od prvih 255 sektora je

$$t_{\text{seek}} + t_{\text{rotation}} + t_{\text{transfer}} = 15\text{ms} + 5\text{ms} + 0.04\text{ms} = 20.04\text{ms}$$

Ukupno vreme pristupa disku za poslednji sektor je

$$t_{\text{seek}} + t_{\text{rotation}} + t_{\text{transfer}} = 15\text{ms} + 5\text{ms} + 0.04\text{ms} + 0.128\text{ms} = 20.168\text{ms}$$

Ukupno vreme potrebno za prenos 128 kB slučajno smeštenog podatka sa diska u memoriju iznosi

$$20.04 * 255 + (15 + 5 + 0.168) = 5130.368\text{ms} .$$

Predmetni nastavnik