Exercicis sobre Rendiment i Consum

Pregunta 1.

Tenim un codi en MIPS que treballa sobre matrius. Hem fet dues versions del codi, una usant accés aleatori (AA) i una altra usant accés seqüencial (AS). El total d'instruccions utilitzades a cada versió les podeu trobar a la següent taula:

	Load / Store	Mult	Salts que salten	Salts que no salten	Altres instruccions
AA	500.000	250.000	250.000	250.000	3.750.000
AS	500.000	0	500.000	500.000	6.000.000

Suposem que a la nostra arquitectura, cada instrucció de memòria costa 5 cicles, cada multiplicació 16 cicles, els salts 1 o 2 cicles depenent de si salta (2) o no salta (1) i la resta d'instruccions 1 cicle.

a) Quin seria el CPI de cada versió del programa? Quin seria el speed-up de la versió d'accés seqüencial respecte a la d'accés aleatori?

Solució: segons la fórmula del CPI:

$$CPI = \frac{1}{n_{ins}} \cdot \sum_{i=1}^{m} n_i \cdot CPI_i = \left(\sum_{i=1}^{m} n_i \cdot CPI_i\right) / \left(\sum_{i=1}^{m} n_i\right)$$

És a dir (traient 10^3 factor comú de totes les dades n_i):

$\mathbf{CPI_{AA}} = 10^3 \cdot (500 \cdot 5 + 250 \cdot 16 + 250 \cdot 2 + 250 \cdot 1 + 3750 \cdot 1) / 10^3 \cdot (500+250+250+250+3750)$

$= 10^3 \cdot 11000 / 10^3 \cdot 5000 = \mathbf{2.2}$

$\mathbf{CPI_{AS}} = 10^3 \cdot (500 \cdot 5 + 500 \cdot 2 + 500 \cdot 1 + 6000 \cdot 1) / 10^3 \cdot (500+500+500+6000)$

$= 10^3 \cdot 10000 / 10^3 \cdot 7500 = \mathbf{1.33}$

El speedup es defineix com: speedup = $t_{original}/t_{millorat}$, o sigui:

speedup = t_{AA}/t_{AS} = $(ncicles_{AA} \cdot t_c)/(ncicles_{AS} \cdot t_c)$

Com que t_c és igual per als dos casos, se simplifiquen. Observem que $ncicles_{AA}$ i $ncicles_{AS}$ són els numeradors ja calculats abans de CPI_{AA} i CPI_{AS}:

speedup = $ncicles_{AA}/ncicles_{AS} = 10^3 \cdot 11000/10^3 \cdot 10000 = \mathbf{1.1}$

b) Quant de temps, en segons, triga en executar-se cada programa si el rellotge va a una freqüència de 2GHz?

Solució: Apliquem la fórmula del temps d'execució:

$$t_{exe} = n_{cicles} \cdot t_c = n_{cicles} / f_{clock}$$

És a dir:

$\mathbf{temps_{AA}} = 10^3 \cdot 11000 / 2 \cdot 10^9 = 10^3 \cdot 11000 \cdot 0.5 \cdot 10^{-9} = \mathbf{5.5 \cdot 10^{-3}\ s}$

$\mathbf{temps_{AS}} = 10^3 \cdot 10000 / 2 \cdot 10^9 = 10^3 \cdot 10000 \cdot 0.5 \cdot 10^{-9} = \mathbf{5.0 \cdot 10^{-3}\ s}$

c) Si el processador dissipa 3 watts (Joules per segon) sigui quina sigui la instrucció executada, quin ha estat el consum total del processador en Joules de cada versió del programa?

Solució: Ens demanen l'energia, que és $E = P \cdot t_{exe}$. Per tant:

$\mathbf{Consum_{AA}} = P \cdot temps_{AA} = 3 \cdot 5.5 \cdot 10^{-3} = \mathbf{16.5 \cdot 10^{-3}\ J}$

$\mathbf{Consum_{AA}} = P \cdot temps_{AS} = 3 \cdot 5.0 \cdot 10^{-3} = \mathbf{15.0 \cdot 10^{-3}\ J}$

d) Ens diuen que es pot dissenyar una arquitectura alternativa on podríem reduir el temps de cicle de les operacions de multiplicació. Quin és el màxim nombre de cicles de multiplicació admissible per a la nova arquitectura per tal que el codi AA sigui al menys igual de ràpid que el codi AS?

Solució: Considerem el temps d'execució

$$t_{exe} = \left(\sum_{i=1}^{m} n_i \cdot CPI_i \right) \cdot t_c$$

Volem que el temps d'execució millorat $t_{AA\text{-}MILL}$ iguali a t_{AS}. Com que t_c no varia, igualem el número de cicles executats (el sumatori) en cada configuració: $ncicles_{AA\text{-}MILL}$ i $ncicles_{AS}$.

Observem que $ncicles_{AS}$ ja l'hem calculat a l'apartat (a), i $ncicles_{AA\text{-}MILL}$ el podem calcular igual que $ncicles_{AA}$, però deixant com a incògnita el CPI del multiplicador (CPI_{MULT}):

$$ncicles_{AS} = 10^3 \cdot 10000$$

$$ncicles_{AA\text{-}MILL} = 10^3 \cdot (500 \cdot 5 + 250 \cdot CPI_{MULT} + 250 \cdot 2 + 250 \cdot 1 + 3750 \cdot 1)$$

$$= 10^3 \cdot (7000 + 250 \cdot CPI_{MULT})$$

Igualant les dues expressions i aïllant la incògnita obtenim:

$\mathbf{CPI_{MULT}} = 3000/250 = \mathbf{12\ cicles}$

Pregunta 2.

Un processador ha estat dissenyat per poder funcionar correctament sols a les següents combinacions de freqüències i voltatges d'alimentació (les freqüències estan expressades en forma de fracció per facilitar la simplificació dels càlculs, sense la calculadora):

combinació	voltatge (V)	freqüència (GHz)
1	1,0	6/3
2	1,1	7/3
3	1,2	8/3
4	1,3	9/3

Suposem que la potència estàtica consumida és zero. Sabent que la potència dinàmica consumida amb la combinació número 1 és de $P_1 = 60W$, es demana:

a) Quines són les potències dinàmiques consumides en les combinacions 2, 3 i 4, en watts?

Solució: La potència dinàmica és: $\mathbf{P = \alpha \cdot C \cdot V^2 \cdot f_{clock}}$
Coneixem V i f en cada cas, però desconeixem α i C. No obstant, el factor de conmutació i la capacitància agregada del circuit no canvien al variar f ,V. Com que coneixem la potència dinàmica de la primera combinació ($P_1 = 60W$), podem deduir el producte $\alpha \cdot C$ així:

$P_1 = \alpha \cdot C \cdot V_1^2 \cdot f_1$ i per tant: $\alpha \cdot C = P_1/(V_1^2 \cdot f_1) = 60/(1{,}0^2 \cdot 2 \cdot 10^9) = 30 \cdot 10^{-9}$

Aplicant aquest valor a cada una de les potències demanades: $P_i = \alpha \cdot C \cdot V_i^2 \cdot f_i$ resultarà:

$P_2 =$ **84,7 W** $P_3 =$ **115,2 W** $P_4 =$ **152,1 W**

Quina és la combinació amb màxima freqüència i voltatge a la qual podrà funcionar la CPU sense sobrepassar el màxim consum permès pel dissipador, que són 120W?

Combinació número **3**

b) (0,5 pts) Quin és el guany de rendiment (o speedup) que s'obté amb la combinació número 4 respecte de la combinació número 1, executant el mateix programa?

Solució: El guany de rendiment és:

$s = Rendiment_4 / Rendiment_1 = t_1 / t_4 = (ncicles/f_1) / (ncicles/f_4)$

Com que ncicles és el mateix en les dues combinacions, el guany queda:

$s = f_4 / f_1 = 9 \cdot 10^9 / 6 \cdot 10^9$

Guany = **1,5**

c) (0,5 pts) Amb la combinació número 1, quin és el temps d'execució (en segons) d'un programa que executa 10^{10} instruccions i que té un CPI promig de 4?

Solució: El temps d'execució és:

$$t_{exec} = n_{ins} \cdot CPI \cdot \frac{1}{f}$$

$t_{exec} = 10^{10} \cdot 4 \cdot 1/(2 \cdot 10^9) = 10^1 \cdot 4/2$

$t_{exec} =$ **20 s**