

Indici di valutazione delle prestazioni di un elaboratore

Esercizio 1

Per una certa architettura e per un certo compilatore A i CPI medi per le varie classi di istruzioni sono:

classi di istruzioni	CPI
Load/Store	2
Aritmetiche	1
Floating Point	3
Branch/Jump	1.8

Il codice macchina prodotto da A contiene istruzioni delle varie classi, che appaiono con le seguenti percentuali:

classi di istruzioni	Freq. %
Load/Store	30
Aritmetiche	40
Floating Point	10
Branch/Jump	20

Impiegando un nuovo compilatore, B, i CPI medi rimangono invariati ma l'Instruction Count (IC) del programma aumenta del 30%, mentre le percentuali d'uso delle varie classi di istruzioni diventano:

classi di istruzioni	Freq. %
Load/Store	20
Aritmetiche	60
Floating Point	10
Branch/Jump	10

Calcolare quale dei due codici prodotti risulta avere il minor tempo di esecuzione e il relativo speedup.

Soluzione:

Calcoliamo i due CPI medi:

$$CPI_A = 2 * 0.3 + 1 * 0.4 + 3 * 0.1 + 1.8 * 0.2 = 1.66$$

$$CPI_B = 2 * 0.2 + 1 * 0.6 + 3 * 0.1 + 1.8 * 0.1 = 1.48$$

$$\text{Inoltre sappiamo che } IC_B = IC_A + 0.3 * IC_A = (1 + 0.3) * IC_A = 1.3 IC_A$$

I tempi di esecuzione nei due casi sono:

$$ET_A = IC_A * CPI_A * T = T * (IC_A * 1.66)$$

$$ET_B = IC_B * CPI_B * T = T * (1.3 * IC_A * 1.48) = T (IC_A * 1.92)$$

Il codice generato dal compilatore A risulta avere un ET minore, quindi è più veloce, da cui:

$$\text{Speedup} = ET_B / ET_A = 1.92 / 1.66 = 1.15$$

Esercizio 2

Si supponga di aver migliorato una macchina in modo che le operazioni in virgola mobile risultino 5 volte più veloci. Assumiamo che prima del miglioramento il tempo di esecuzione di un dato benchmark sia di 10 secondi. Quale sarà lo speedup nel caso in cui il 50% dei 10 s siano impiegati per l'esecuzione di calcoli in virgola mobile? Uno dei benchmark viene invece eseguito in 100s dal vecchio hardware: che peso devono avere le operazioni fp perché sia possibile ottenere uno speedup pari a 3?

Soluzione:

Applicando la legge di Amdahl si ha che:

$$ET_{NEW} = (0.5 * 10) + [(1 - 0.5) * 10] / 5 = 5 + 5/5 = 5 + 1 = 6s$$

$$\text{Speedup} = ET_{OLD} / ET_{NEW} = 10s / 6s = 1.67$$

$$\text{Speedup} = ET_{OLD} / ET_{NEW} = ET_{OLD} / [ET_{OLD} * (1 - X + X/5)] = 1 / (1 - X + X/5) = 3 \quad (\text{valore desiderato di speedup})$$

$$\text{Quindi: } 1 / (1 - X + X/5) = 3 \dots X = 5/6$$

Esercizio 3

Un'architettura (CPU₁) esegue le seguenti tipologie di istruzione, ciascuna delle quali è caratterizzata da una frequenza relativa di esecuzione in un programma (in cui vengono eseguite 10000 istruzioni) rappresentativo di diverse possibili applicazioni

Classe di istr.	Freq. %	CPI
Load	18%	2
Store	15%	2
Add	19%	2
Sub	11%	2
Mult	6%	6
ALU logic	15%	1
Branch	10%	2
Jump	6%	2

Si determinino:

- 1) Il CPI medio di tale architettura;
- 2) I MIPS di tale architettura supponendo che la frequenza di clock sia di 500MHz.

Soluzione

$$CPI_1 = (0.18 + 0.15 + 0.19 + 0.11 + 0.10 + 0.06) * 2 + 0.06 * 6 + 0.15 = 2.09 \text{ (cycles per instruction)}$$

$$MIPS_1 = MIPS_1 = \frac{1}{10^6 * 2.09 * 2 * 10^{-9}} = 239$$

Esercizio 4

Si consideri un calcolatore in grado di eseguire le istruzioni riportate in tabella. Calcolare CPI e tempo di esecuzione per un programma composto da 100 istruzioni supponendo di usare una CPU con frequenza di clock pari a 500MHz.

Classe di istr.	Freq. %	CPI
ALU	43%	1
Load	21%	4
Store	12%	4
Branch	12%	2
Jump	12%	2

Soluzione

$$CPI_1 = 1 * 0.43 + 4 * 0.21 + 4 * 0.12 + 2 * 0.12 + 2 * 0.12 = 2.23 \text{ (cycles per instruction)}$$

$$ET = IC * CPI / F = 100 * 2.23 * 1 / (500 * 10^6) = 446 \text{ ns}$$

Esercizio 4

Si consideri un calcolatore CALC₁ che possiede un'unità aritmetico-logica intera (INT_ALU) e un'unità aritmetico-logica in virgola mobile (FP_ALU). CALC₁ Esegue un'applicazione software che tipicamente prevede il 90% di istruzioni in aritmetica intera e il 10% in virgola mobile. Si consideri un nuovo calcolatore (CALC₂) che possiede un INT_ALU ottimizzata che gli permette di raggiungere un miglioramento pari a 2x nell'esecuzione delle istruzioni intere (ossia ne raddoppia la velocità di esecuzione). Si valuti il miglioramento globale ottenuto utilizzando CALC₂ per l'applicazione software in questione. Quale sarebbe inoltre lo speedup massimo ottenibili migliorando solo le istruzioni aritmetico-logiche intere.

Soluzione

$$Speedup = \frac{1}{(1 - 0.9) + \frac{0.9}{2}} = 1.81$$

$$Speedup_{MAX} = \frac{1}{(1 - 0.9)} = 10$$

Esercizio 5

Si consideri un miglioramento che consente un funzionamento 10 volte più veloce rispetto alla macchina originaria, ma che sia utilizzabile solo per il 40% del tempo. Qual è il guadagno complessivo che si ottiene incorporando detto miglioramento?

Risultato

Speedup ≈ 1.56

Esercizio 6

Supponiamo di poter aumentare la velocità della CPU della nostra macchina di un fattore 5 (senza influenzare le altre prestazioni quali ad esempio l'I/O) con un costo 5 volte superiore. Assumiamo inoltre che la CPU sia utilizzata per il 50% del tempo ed il rimanente sia destinato ad operazioni di I/O. Se la CPU rappresenta un terzo del costo totale del computer, è un buon investimento da un punto di vista costo/prestazioni, aumentare di un fattore 5 la velocità della CPU?

Soluzione

$$Speedup = \frac{1}{(1 - 0.5) + \frac{0.5}{5}} = 1.67$$

Incremento del costo = $\frac{2}{3} * 1 + \frac{1}{3} * 5 = 2.33$

L'incremento del costo è quindi superiore al miglioramento delle prestazioni: la modifica non migliora il rapporto costo/prestazioni.

Esercizio x

Si supponga di avere un processore che esegue un certo mix di programmi rispetto ai quali sia nota la percentuale delle varie istruzioni eseguite. In particolare si sa che:

- le istruzioni di tipo load/store eseguite sono il 20% di tutte le istruzioni eseguite;
- il CPI delle load/store è pari a 5;
- il CPI medio è 4.2

Calcolare il CPI restante, ovvero delle restanti classi di istruzioni diverse da load/store.

Soluzione

$$CPI = 0.2 * 5 + 0.8 * CPI_{altro} = 4.2$$

$$CPI_{altro} = 4$$