

Fórmulas para Avaliação de Desempenho de Processadores

Sumário

1	Fundamentos	2
1.1	Taxa e período do <i>clock</i>	2
1.2	Desempenho e tempo de execução	2
1.3	Prefixos do SI e IEC	2
2	<i>Speedup</i>	3
2.1	<i>Speedup</i> calculado com modelo de referência	3
3	Ciclos por Instrução (CPI)	3
3.1	Cálculo do CPI Médio	4
4	Equação de Desempenho do Processador	4
5	Lei de Amdahl	4

Essa obra tem a licença Creative Commons “CC0 1.0 Universal”.



1 Fundamentos

1.1 Taxa e período do *clock*

$$taxa\ do\ clock = \frac{1}{período\ do\ clock}$$

1.2 Desempenho e tempo de execução

$$desempenho_A = \frac{1}{tempo\ de\ execução_A}$$

1.3 Prefixos do Sistema Internacional de Unidades (SI) e *International Electrotechnical Commission* (IEC)

A comunidade científica, por meio do Sistema Internacional, criou prefixos (constantes numéricas) para facilitar a representação de magnitudes muito grandes ou muito pequenas.

Igualmente, houve pela *International Electrotechnical Commission* um esforço para criar constantes úteis no contexto da computação, pois a forma como circuitos digitais são implementados (álgebra booleana, aritmética em base binária etc.) torna os prefixos do SI por vezes inconvenientes.

Pela proximidade entre $10^3 = 1000$ e $2^{10} = 1024$, definiu-se prefixos a partir de 2^{10} para manter certa similaridade entre os dois conjuntos. A tabela 1 mostra os prefixos mais usados, bem como situações em que é preferível usar um conjunto de prefixos ao outro.

Tabela 1: Prefixos do SI e IEC

	Para tempo, velocidade ou taxa de transferência (SI)		Para tamanho ou capacidade (IEC)	
Prefixo	Símbolo	Valor	Símbolo	Valor
...				
pico	p	10^{-12}	—	—
nano	n	10^{-9}	—	—
micro	μ	10^{-6}	—	—
mili	m	10^{-3}	—	—
kilo	K ou k	10^3	Ki	2^{10}
Mega	M	10^6	Mi	2^{20}
Giga	G	10^9	Gi	2^{30}
Tera	T	10^{12}	Ti	2^{40}
Peta	P	10^{15}	Pi	2^{50}
Exa	E	10^{18}	Ei	2^{60}

...

2 *Speedup*

Lembre-se: *speedup* é uma medida que varia de acordo com o programa executado.

$$speedup_{A/B} = \frac{desempenho_A}{desempenho_B} = \frac{tempo\ de\ execução_B}{tempo\ de\ execução_A} \quad (1)$$

Alternativamente:

$$desempenho_A = speedup_{A/B} \times desempenho_B$$

$$tempo\ de\ execução_A = \frac{tempo\ de\ execução_B}{speedup_{A/B}}$$

Dada a natureza do cálculo do *speedup*, existe também a seguinte propriedade.

$$speedup_{A/B} = \frac{1}{speedup_{B/A}}$$

2.1 *Speedup* calculado com modelo de referência

Considere dois processadores, A e B , e um programa P . Deseja-se saber o valor de $speedup_{A/B}$ para P , mas não se sabe os tempos de execução do programa em ambos os processadores.

No entanto, existe um processador, X , tal que $speedup_{A/X}$ e $speedup_{B/X}$ para P são conhecidos. Nesta situação, pode-se aproveitar a seguinte propriedade.

$$\begin{aligned} speedup_{A/B} &= \frac{desempenho_A}{desempenho_B} \\ &= \frac{speedup_{A/X} \times desempenho_X}{speedup_{B/X} \times desempenho_X} \\ &= \frac{speedup_{A/X}}{speedup_{B/X}} \end{aligned}$$

Isso significa que o *speedup* de um processador com relação a outro pode ser obtido com apenas os respectivos *speedups* destes com relação a um terceiro processador qualquer.

3 Ciclos por Instrução (CPI)

Lembre-se: o CPI varia de acordo com o tipo de instrução executada.

$$n^\circ\ de\ ciclos\ gastos = n^\circ\ de\ instruções\ executadas \times CPI \quad (2)$$

3.1 Cálculo do CPI Médio

Lembre-se: o CPI médio varia de acordo com o código executado. Considere:

- C_i : n° de instruções do tipo i executadas
- CPI_i : n° de ciclos gastos com uma instrução do tipo i
- $n^\circ \text{ de ciclos gastos} = \sum_{\forall i} (C_i \times CPI_i)$
- $n^\circ \text{ de instruções executadas} = \sum_{\forall i} C_i$

$$CPI = \frac{n^\circ \text{ de ciclos gastos}}{n^\circ \text{ de instruções executadas}} = \frac{\sum_{\forall i} (C_i \times CPI_i)}{\sum_{\forall i} C_i}$$

Note que a equação acima é apenas a média ponderada dos CPI de cada tipo de instrução, onde os pesos são as proporções (%) de cada tipo de instrução no código executado.

4 Equação de Desempenho do Processador

Lembre-se: o processador executa vários trechos de código ao mesmo tempo, sejam do seu programa ou não. Portanto, o tempo de CPU não inclui a execução de outros programas nem a espera por dispositivos de entrada e saída.

$$\begin{aligned} tempo_{CPU} &= n^\circ \text{ de ciclos gastos} \times \text{período do clock} \\ &= \frac{n^\circ \text{ de ciclos gastos}}{\text{taxa do clock}} \end{aligned} \quad (3)$$

Substituindo a equação 2 em 3, obtemos

$$\begin{aligned} tempo_{CPU} &= n^\circ \text{ de instruções executadas} \times CPI \times \text{período do clock} \\ &= \frac{n^\circ \text{ de instruções executadas} \times CPI}{\text{taxa do clock}} \end{aligned} \quad (4)$$

5 Lei de Amdahl

Considere:

- $f \in [0, 1]$: fração do tempo de execução do programa a ser melhorada
- p : proporção da melhoria, se comparado ao programa sem a melhoria

$$\begin{aligned} tempo \text{ com melhoria} &= tempo \text{ sem melhoria}_{\text{não afetado}} + \frac{tempo \text{ sem melhoria}_{\text{afetado}}}{\text{proporção da melhoria}} \\ &= tempo \text{ sem melhoria} \times (1 - f) + \frac{tempo \text{ sem melhoria} \times f}{p} \end{aligned} \quad (5)$$

Manipulando-se a equação 5 com o tempo de execução do programa sem a melhoria, encontra-se uma nova equação.

$$speedup = \frac{1}{(1 - f) + \frac{f}{p}} \quad (6)$$