

Previsão do Desempenho

Desempenho do CPU

De que depende T_{exec} ?

Um programa necessita de um determinado número de ciclos do CPU para executar (*clockcycles*).

Cada ciclo tem uma duração fixa T_{cc}

$$T_{exec} = \textit{clockcycles} * T_{cc}$$

como $f = \frac{1}{T_{cc}}$ então $T_{exec} = \frac{\textit{clockcycles}}{f}$

Desempenho do CPU

De que depende o número de ciclos necessários para executar o programa?

#I – nº de instruções executadas pelo programa

CPI – nº ciclos por instrução

$$\text{clockcycles} = \#I * CPI$$

CPI é um valor médio, pois o nº de ciclos varia conforme a instrução.

EXEMPLO: CPI(add) != CPI(mul)

Desempenho do CPU

$$T_{exec} = \frac{clockcycles}{f} = \frac{\#I * CPI}{f}$$

#I – depende do algoritmo, do compilador e da arquitectura (ISA)

CPI – depende da arquitectura (ISA), da organização do processador e da organização de outros componentes (memória)

f – depende da organização do processador e da tecnologia usada para o construir

Desempenho do CPU

Considere o mesmo programa compilado para 2 máquinas A e B, conforme apresentado na tabela. Qual a mais rápida e de quanto é o ganho?

	Máquina A	Máquina B
#I	10^8	10^9
CPI	2	1.5
f	500 MHz	500 MHz

$$T_{execA} = \frac{10^8 * 2}{500 * 10^6} = 0.4s$$

$$T_{execB} = \frac{10^9 * 1.5}{500 * 10^6} = 3s$$

$$ganho = \frac{3}{0.4} = 7.5$$

Desempenho do CPU

Diferentes tipos de instruções podem ter diferentes CPI, pois o número de ciclos depende das operações realizadas.

Considere um programa com a ocorrência de instruções apresentada na tabela e um processador com os respectivos CPIs. Qual o CPI médio para este programa a correr nesta máquina?

Tipo de instrução	CPI	Número
A	2	$2 \cdot 10^7$
B	2.5	$5 \cdot 10^7$
C	3	$3 \cdot 10^7$

$$CPI = \sum_i (CPI_i * \%_i) = \frac{2 * 2 * 10^7 + 2.5 * 5 * 10^7 + 3 * 3 * 10^7}{10^8} = 2.55$$

Desempenho do CPU

Tipo de Instrução	CPI
A	1
B	2
C	3

Compilador	A	B	C
1	$2 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^5$
2	$4 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^5$

Qual o CPI para cada uma das sequências de código?

$$CPI_1 = \frac{1 \cdot 2 + 2 \cdot 1 + 3 \cdot 2}{5} = 2$$

$$CPI_2 = \frac{1 \cdot 4 + 2 \cdot 1 + 3 \cdot 1}{6} = 1.5$$

Qual a sequência mais rápida?

$$clockcycles_1 = \#I_1 * CPI_1 = 10^6$$

$$clockcycles_2 = \#I_2 * CPI_2 = 9 \cdot 10^5$$

Relação entre as Métricas

“A única métrica completa e fiável para avaliar o desempenho de um computador é o tempo de execução”

As métricas CPI, Tcc e #I não podem ser avaliadas isoladamente, devendo ser sempre consideradas em conjunto, pois dependem umas das outras.

Relação entre as Métricas

Exemplo 1 : Aumentar a frequência do relógio (diminuir Tcc) implica frequentemente um aumento do CPI!

Explicação: Entre outros factores, deve-se considerar o tempo de acesso à memória (Tmem). Se Tcc diminui, mas Tmem se mantém, então serão necessários mais ciclos para aceder à memória.

$$f_1 = 1GHz$$

$$T_{cc1} = 1ns$$

$$T_{mem} = 40ns$$

$$Ciclos_{mem1} = 40$$

$$f_2 = 2GHz$$

$$T_{cc2} = 0.5ns$$

$$T_{mem} = 40ns$$

$$Ciclos_{mem2} = 80$$

Conclusão: Apesar de Tcc diminuir para metade, Texec não diminui para metade, pois o número de ciclos de acesso à memória aumenta.

Relação entre as métricas

Exemplo 2 : Diminuir o número de instruções (#I) recorrendo a instruções mais complexas resulta num aumento do CPI!

Explicação: As instruções mais complexas realizam o trabalho de várias instruções simples, mas podem necessitar de mais ciclos para o completar, resultando num aumento do CPI. Este é um dos argumentos dos defensores de arquitecturas RISC.

Conclusão: O número de instruções diminui, mas o ganho em tempo de execução não diminui na mesma proporção, devido ao aumento do CPI.

Desempenho do CPU

MIPS (milhões de instruções por segundo) – uma métrica enganadora

$$\text{MIPS nativo} = \frac{\# I}{T_{exec}} * 10^6$$

1. MIPS especifica a taxa de execução das instruções, mas não considera o trabalho feito por cada instrução. CPUs com diferentes *instruction sets* não podem ser comparados.
2. MIPS varia entre diferentes programas no mesmo CPU
3. MIPS pode variar inversamente com o desempenho

Esta métrica pode ser usada para comparar o desempenho do mesmo programa em CPUs com o mesmo conjunto de instruções, mas micro-arquitecturas e/ou frequências do relógio diferentes.

Desempenho do CPU

MIPS de pico (ou *peak* MIPS) – máxima taxa de execução de instruções

É a métrica mais enganadora, pois corresponde a sequências de código que apenas tenham instruções com o mais baixo CPI.

Pode ser visto como “a velocidade da luz” do CPU, e portanto, inatingível.

Lei de Amdahl

“O maior aumento de desempenho possível introduzindo melhorias numa determinada característica é limitado pela percentagem em que essa característica é utilizada”

Considere um programa com $T_{exec} = 100$ seg, sendo 20% operações em vírgula flutuante e 80% de inteiros. Qual o ganho se a unidade de vírgula flutuante for 4 vezes mais rápida?

$$T_{exec} = \frac{20}{4} + 80 = 85 \text{ s} \qquad \text{ganho} = \frac{100}{85} = 1.18$$

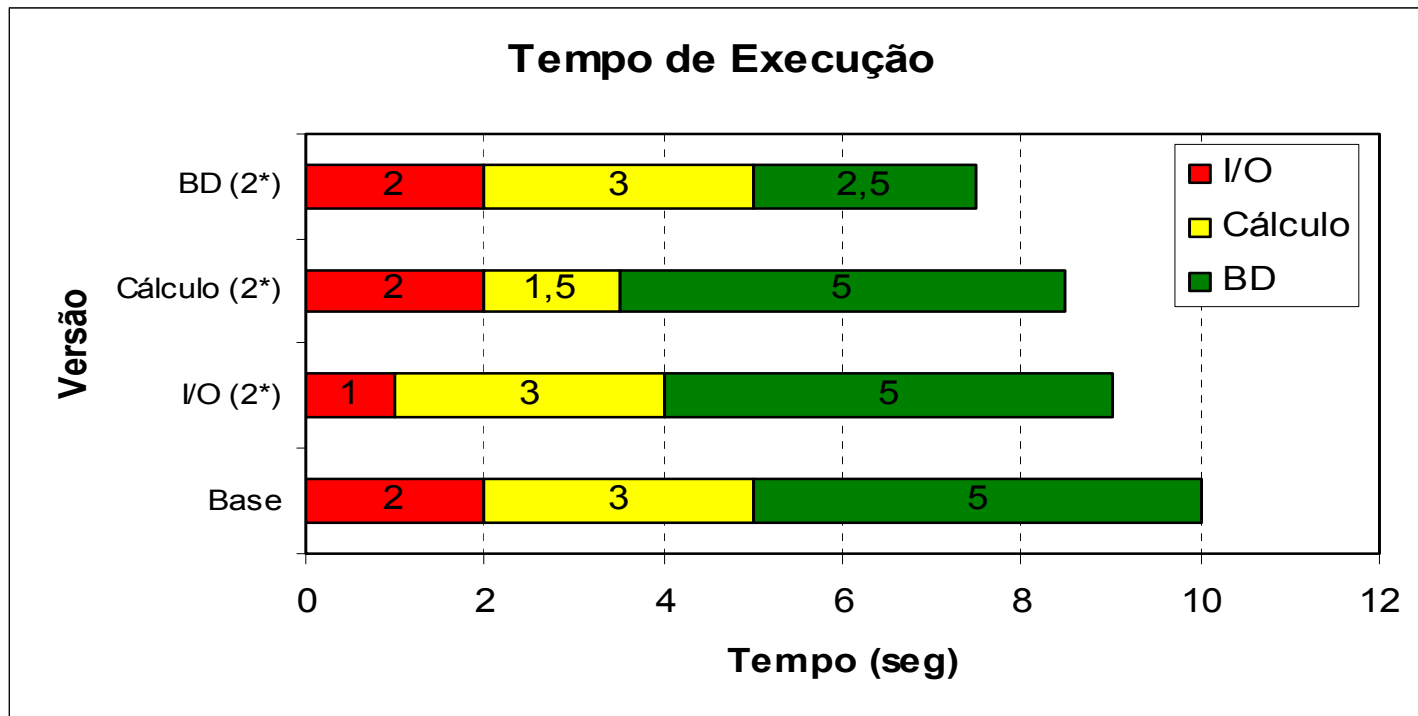
E se for a unidade de inteiros 2 vezes mais rápida?

$$T_{exec} = 20 + \frac{80}{2} = 60 \text{ s} \qquad \text{ganho} = \frac{100}{60} = 1.67$$

COROLÁRIO: Melhorar o caso mais comum.

Lei de Amdahl

Das várias componentes de um programa (ex. Input/Output, Cálculo e acesso à Base de Dados) os esforços de otimização devem-se concentrar na mais significativa em termos do recurso crítico (ex. tempo de execução).



Sumário

Tema	H & P
Definição de desempenho	Sec. 2.1
Métricas	Sec 2.3
MIPS (Milhões de Instruções/segundo)	Sec 2.7, 2.9
Lei de Amdahl	Sec 2.7, pag. 101