



Universidade de Brasília

Departamento de Ciência da Computação

Aula 2

Desempenho



Desempenho

O que é Desempenho???

Avião	Capacidade de passageiros	Autonomia de vôo (milhas)	Velocidade de vôo (milhas por hora)	Vazão de passageiros (passageiros × m.p.h.)
Boeing 777	375	4.630	610	228.750
Boeing 747	470	4.150	610	286.700
BAC/Sud Concorde	132	4.000	1350	178.200
Douglas DC-8-50	146	8.720	544	79.424

- O quanto mais rápido é o Concorde comparado com o 747?
- O quanto maior é o 747 do que o Douglas DC-8?

Qual o avião vc escolheria para;

- Levar 1 passageiro de Recife para Lisboa? E 400?
- Levar 100 passageiros de Recife para Paris? E 300?
- Levar 100 passageiros de Brasília para Auckland? E 400?

Recife – Lisboa : 3625 mi
Recife – Paris : 4527 mi
Brasília – Auckland : 7865 mi



Desempenho

■ Desempenho em relação a o que????

- ☐ Tempo
- ☐ Potência
- ☐ Custo
- ☐ ...
- ☐ Portabilidade
(peso, tamanho,...)
- ☐ Robustez física
(queda, água, temperatura,...)
- ☐ Irradiação
(interferências, recepção, transmissão)
- ☐ Ergonomia
(acessibilidade, facilidade utilização,...)
- ☐ ...



Desempenho nesta disciplina:

Precisa ser uma grandeza fácil de medir e de relacionar com software e hardware

Tempo de resposta [s]

- Tempo decorrido: conta tudo (*E/S, execução de outros programas, etc.*) um número útil, mas normalmente não é ideal para fins de comparação
- Tempo de CPU: não conta E/S ou tempo gasto executando outros programas.
Para o seu programa podemos ter ainda:
 - tempo de sistema
 - tempo de usuário ← Nosso foco

Grandeza relacionada: **Vazão** [unidade/segundo]

Se atualizarmos uma máquina com um novo processador, em que melhoramos?

Se acrescentarmos uma máquina ao laboratório, em que melhoramos?



Definição de desempenho do Patterson

- Para um programa sendo executado na máquina X,

$$Desempenho_X = \frac{1}{Tempo_execução_X} \quad \leftarrow \text{Modelo adotado outros ex?}$$

- Fator de Desempenho: “X é n vezes mais rápido do que Y”

$$\eta = \frac{Desempenho_X}{Desempenho_Y}$$

- Exemplo:

- a máquina A executa um programa em 10 segundos
- a máquina B executa o mesmo programa em 15 segundos

Qual o fator de desempenho de A em relação a B?

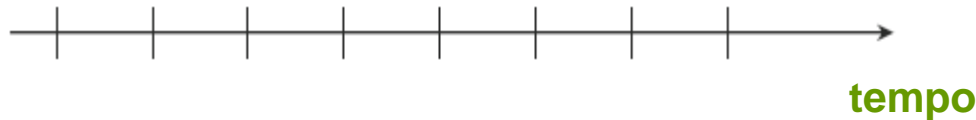


Fatores de Desempenho

Tempo de Execução da CPU para um programa = ciclos de clock da CPU para um programa x Tempo de ciclo de clock

$$t_{exec} \left[\frac{\text{segundos}}{\text{programa}} \right] = C \left[\frac{\text{ciclos}}{\text{programa}} \right] \times T \left[\frac{\text{segundos}}{\text{ciclos}} \right]$$

- Os "tiques" de clock indicam quando iniciar as atividades (uma abstração):



- tempo de ciclo (período) = tempo entre os tiques [segundos por ciclo]
- “velocidade” de clock (frequência) [ciclos por segundo]

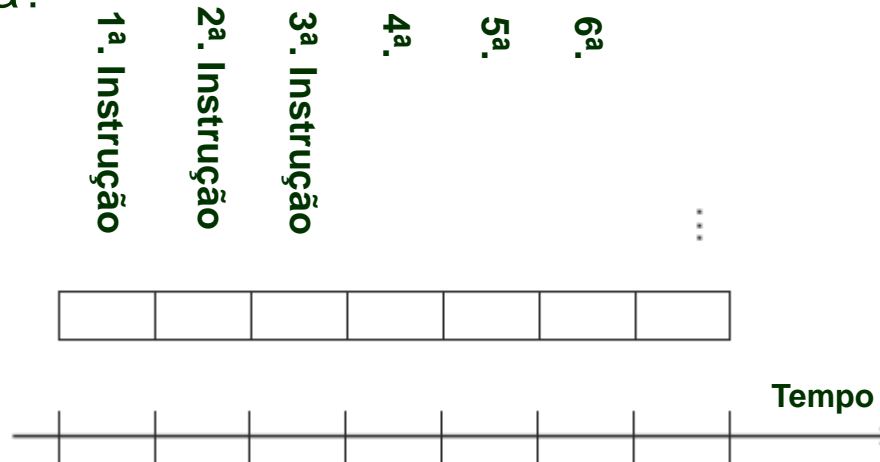
Um clock de 4GHz possui um tempo de ciclo de

$$\text{período} = \frac{1}{\text{frequência}} = \frac{1}{4 \times 10^9} = 250 \times 10^{-12} = 250 \text{ ps} \quad [\text{pico segundos}]$$



Quantos ciclos são necessários para um programa?

- Poderíamos considerar que o número de ciclos é igual ao número de instruções do programa?



*Essa **suposição** é **geralmente incorreta**; diferentes instruções geralmente levam a diferentes períodos em diferentes máquinas.*

Por quê? Dica: Lembre-se de que essas são instruções de máquina, não linhas de código C.

- *A multiplicação leva mais tempo do que a adição*
- *As operações de ponto flutuante levam mais tempo do que as operações de inteiros*
- *Acessar a memória leva mais tempo do que acessar os registradores*



Exemplo

- Para gerar a tabela relacional inicial de objetos do jogo The Sims, necessita-se de 10 segundos no computador A, que possui um clock de 4GHz. Estamos tentando ajudar um projetista de computador a construir uma nova máquina B, que gere essa tabela em 6 segundos. O projetista determinou que um aumento substancial na frequência de clock é possível, mas esse aumento afetará o restante do projeto da CPU, fazendo com que o computador B exija 1,2 vez mais ciclos de clock do que o computador A para esse programa. Que frequência de clock devemos pedir para que o projetista almeje?



Equação básica do desempenho

$$t_{exe} \left[\frac{\text{Segundos}}{\text{Programa}} \right] = I \left[\frac{\text{Instruções}}{\text{Programa}} \right] \times CPI \left[\frac{\text{Ciclos_clock}}{\text{Instrução}} \right] \times T \left[\frac{\text{Segundos}}{\text{Ciclo_clock}} \right]$$

- Tempo de Execução da CPU para um programa (t_{exe})
 - Segundos para execução do programa
- Contagem de Instruções (I)
 - Número de instruções executadas no programa
- Ciclos de clock por instrução (CPI)
 - Número médio de ciclos de clock para execução de uma instrução
- Tempo do ciclo de clock (T)
 - Segundos por ciclo de clock



Exemplo de CPI

- Suponha que tenhamos duas implementações da mesma arquitetura do conjunto de instruções (ISA)

Para um determinado programa,

A máquina A tem um tempo de ciclo de clock de 250 ps e uma CPI de 2,0

A máquina B tem um tempo de ciclo de clock de 500 ps e uma CPI de 1,2

Que máquina é mais rápida para esse programa e o quanto?



Componentes que afetam os fatores:

Componente	Afeta o que?	Como?
Algoritmo	Contagem de Instruções e possivelmente CPI	Número e tipo de instruções
Linguagem de Programação	Contagem de Instruções e CPI	Instruções da linguagem são traduzidos para instruções do processador
Compilador	Contagem de Instruções e CPI	Eficiência do compilador.
Conjunto de Instruções	Contagem de Instruções, frequência de clock e CPI	Afeta os 3 aspectos do desempenho



Comparando segmentos de código

- Um projetista de compilador está tentando decidir entre duas sequências de código para um determinada máquina. Baseado na implementação de hardware, existem três classes diferentes de instruções: Classe A, Classe B e Classe C, e elas exigem um, dois e três ciclos (CPI), respectivamente.

A primeira sequência de código possui 5 instruções:

2 de A, 1 de B e 2 de C.

A segunda sequência possui 6 instruções:

4 de A, 1 de B e 1 de C.

Que sequência será mais rápida? O quanto mais rápida? Qual é a CPI para cada sequência?



Unidade de Medida: MIPS

Milhões de Instruções Por Segundo (nativo)

$$MIPS = \frac{Contador_instruções}{Tempo_execução} \cdot \frac{1}{10^6}$$

■ Vantagem:

- Fácil de entender.

Um computador capaz de processar 100 MIPS é mais rápido que outro de 50 MIPS

■ Porém:

- Não leva em consideração a capacidade das instruções.
- O MIPS varia entre programas no mesmo processador.
- O MIPS pode variar inversamente com o desempenho!

Hoje em dia: Cuidar com as medidas xFLOPS
Que embora sejam mais precisas ainda podem incorrer em erros



Supercomputadores

Nov. 2015

Rank	Site	System	Cores	Rmax (TFlop/s)	Rpeak (TFlop/s)	Power (kW)
1	<u>National Super Computer Center in Guangzhou</u> China	Tianhe-2 (MilkyWay-2) - TH-IVB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 31S1P NUDT	3,120,000	33,862.7	54,902.4	17,808
2	<u>DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory</u> United States	Titan - Cray XK7 , Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0	27,112.5	8,209
3	<u>DOE/NNSA/LLNL</u> United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1,572,864	17,173.2	20,132.7	7,890
4	<u>RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS)</u> Japan	K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect Fujitsu	705,024	10,510.0	11,280.4	12,660
201	<u>Laboratório Nacional de Computação Científica</u> Brazil	Santos Dumont GPU - Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR, Nvidia K40 Bull, Atos Group	10,692	456.8	657.5	
242	<u>SENAI CIMATEC</u> Brazil	CIMATEC Yemoja - SGI ICE X, Intel Xeon E5-2690v2 10C 3GHz, Infiniband FDR SGI	17,200	405.4	412.8	
266	<u>Laboratório Nacional de Computação Científica</u> Brazil	Santos Dumont Hybrid - Bullx B710, Intel Xeon E5-2695v2 12C 2.4GHz, Infiniband FDR, Intel Xeon Phi 7120P Bull, Atos Group	24,732	363.2	478.8	



Exemplo de MIPS

- Dois compiladores diferentes estão sendo testados para uma máquina de 4GHz com três classes diferentes de instruções: Classe A, Classe B e Classe C, e elas exigem um, dois e três ciclos, respectivamente. Ambos os compiladores são usados para produzir código para um grande software.

O código do primeiro compilador usa 5 bilhões de instruções da Classe A, 1 bilhão de instruções da Classe B e 1 bilhão de instruções da Classe C.

O código do segundo compilador usa 10 bilhões de instruções da Classe A, 1 bilhão de instruções da Classe B e 1 bilhão de instruções da Classe C.

- Que sequencia será mais rápida de acordo com o MIPS?
- Que sequencia será mais rápida de acordo com o tempo de execução?