[Aula 06] Avaliando o desempenho 2

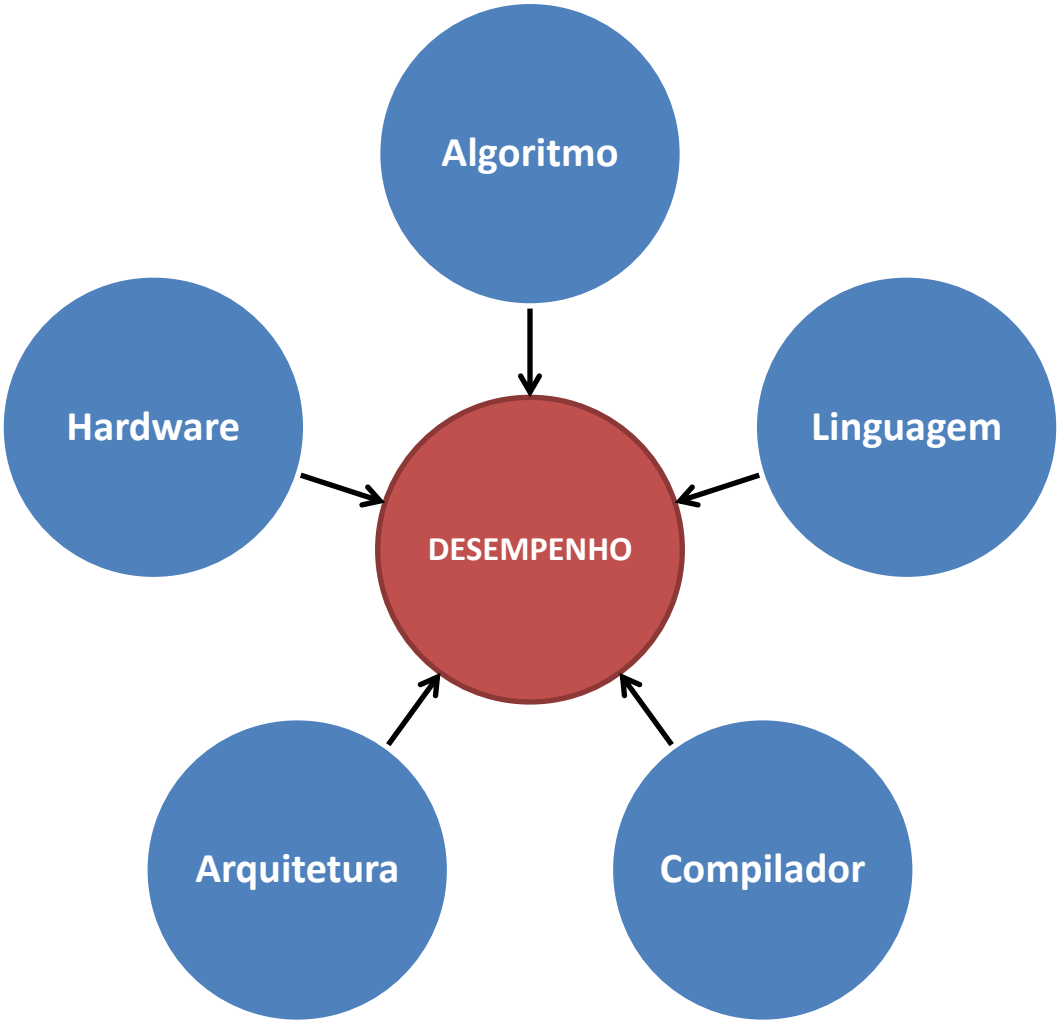
Prof. João F. Mari
joaof.mari@ufv.com

Roteiro

- Entendendo o desempenho dos programas
- **[EX]** Comparando segmentos de códigos
- Avaliando o desempenho
- Comparando e resumindo o desempenho
- Tempo de execução total
- Benchmark SPEC
- Lei de Amdahl
- MIPS – Milhões de instruções por segundo
- **[EX]** MIPS como medida de desempenho

ENTENDENDO O DESEMPENHO DOS PROGRAMAS

Entendendo o desempenho dos programas



Entendendo o desempenho dos programas

- Algoritmo
  - Afeta a contagem de instruções e possivelmente o CPI.
    - *O algoritmo determina o número de instruções do programa fonte executadas e, portanto, o número de instruções do processador executadas.*
    - *Pode afetar o CPI, favorecendo instruções mais lentas ou mais rápidas. Por exemplo, se o algoritmo usar mais operações de ponto flutuante, ele terá um CPI mais alto*.

- Linguagem de programação
  - Contagem de instruções, CPI.
    - *As instruções da linguagem são traduzidas em instruções do processador, que determinam a contagem de instruções.*
    - *Pode afetar o CPI devido aos seus recursos; por exemplo, uma linguagem com pesado suporte a abstrações de dados (como Java) exigira chamadas indiretas, que usarão instruções de CPI mais altos.*

Entendendo o desempenho dos programas

- Compilador
  - Contagem de instruções, CPI.
    - *O compilador determina a tradução das instruções da linguagem fonte para instruções do computador.*

- Conjunto de instruções
  - Contagem de instruções, velocidade de clock, CPI
    - *Afeta os três aspectos do desempenho da CPU, uma vez que ele afeta as instruções necessárias para uma função, o custo em ciclos de cada instrução e a velocidade geral do processador.*

[EX] Comparando segmentos de código

- O projetista de um compilador precisa decidir entre duas sequencias de código para um determinado computador:

	CPI para cada classe de instruções		
	A	B	C
CPI	1	2	3

- Para uma determinada instrução da linguagem de alto nível, o projetista do compilador está considerando duas sequencias de código que exigem as seguintes contagens de instrução:

	Contagens de instrução para classe de instrução		
Sequencia de código	A	B	C
1	2	1	2
2	4	1	1

- Qual sequencia de código executa mais instruções? Qual será a mais rápida? Qual é o CPI para cada sequencia?

[EX] Comparando segmentos de código

RESPOSTA:

- A sequencia 1 executa 2 + 1 + 2 = 5 instruções
- A sequencia 2 executa 4 + 1 + 1 = 6 instruções
  - Logo, a sequencia 2 executa mais instruções

- Equação para os ciclos de clock de CPU
  - Contagem de instruções e CPI

$$CiclosDeClockDeCPU = \sum_{i=1}^{n} (CPI_i \times C_i)$$

- Isso resulta em:
  - Ciclos de clock da CPU_1 = (1 x 2) + (2 x 1) + (3 x 2) = 2 + 2 + 6 = 10 ciclos
  - Ciclos de clock de CPU_2 = (1 x 4) + (2 x 1) + (3 x 1) = 4 + 2 + 3 = 9 ciclos

[EX] Comparando segmentos de código

RESPOSTA:

- A sequencia de código 2 é a mais rápida, mesmo executando uma instrução extra
  - Os valores de CPI podem ser calculador por:

$$CPI = \frac{CiclosDeClockDaCPU}{ContagemDeInstruções}$$

$$CPI_1 = \frac{CiclosDeClockDaCPU_1}{ContagemDeInstruções_1} = \frac{10}{5} = 2$$

$$CPI_2 = \frac{CiclosDeClockDaCPU_2}{ContagemDeInstruções_2} = \frac{9}{6} = 1{,}5$$

AVALIANDO O DESEMPENHO – *WORKLOAD E BENCHMARK*

Avaliando o desempenho

- ***Workload:***
  - Um conjunto de programas executados em um computador
- ***Benchmark:***
  - Programas especificamente escolhidos para medir desempenho
  - Formam um *workload* (carga de trabalho)
  - O melhor tipo de programa para *benchmark* são as aplicações reais
  - Diferentes classes e aplicações de computadores exigirão diferentes tipos de benchmarks
    - **Desktop** → desempenho de CPU ou alguma tarefa especifica
    - **Servidores Científicos** → orientados a CPU (tempo de resposta)
    - **Servidores** → serviços Web, compartilhamento de arquivos, banco de dados (vazão)
    - **Computação embarcada** → poucos benchmarks, próprias aplicações
  - Reprodutibilidade

Avaliando o desempenho

- Selecionados os programas a serem usados como benchmarks
  - Decidido entre medir tempo de execução e vazão
- Como resumir o desempenho de um grupo de benchmarks

	Computador A	Computador B
Programa 1 (seg.)	1	10
Programa 2 (seg.)	1000	100
Tempo total (seg.)	1001	110

- A é 10 vezes mais rápido que B para o prog. 1
- B é 10 vezes mais rápido que A para o prog. 2
- O desempenho relativo dos computadores A e B não é claro

Tempo de execução total

- Resumir desempenho relativo
  - Usar o tempo de execução total dos dois programas

$$\frac{Desempenho_B}{Desempenho_A} = \frac{TempoDeExecução_A}{TempoDeExecução_B} = \frac{1001}{110} = 9{,}1$$

  - B é 9,1 vezes mais rápido do que A para os programas 1 e 2 juntos

- Média aritmética (MA):
  - Diretamente proporcional ao tempo de execução total

$$MA = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} Tempo_i$$

- Média Aritmética Ponderada:
  - Utiliza pesos destinados a refletir a presença dos programas em um *workload*

Benchmark SPEC

- Benchmark SPEC CPU (*System Performance Evaluation Corporation*)
  - www.spec.org
  - Última versão é o pacote SPEC CPU2006
    - 12 programas de inteiros e 19 de ponto flutuante
  - Substitui a versão SPEC CPU2000
    - 12 programas de inteiros e 14 de ponto flutuante

- SPECweb2009 (descontinuado)
  - Benchmark de vazão para servidores web
  - Sistemas com múltiplos processadores
  - Depende de características de sistema (disco, memória, etc.)

- Outras classes de benchmark
  - CPU, Processamento gráfico, computação de alto-desempenho, cliente-servidor Java, servidores de e-mail, servidores de arquivos, virtualização etc.

Lei de Amdahl

- O aumento de desempenho possível com uma determinada melhoria é limitado pela quantidade de uso do recurso melhorado

$$TempoDeExecuçãoAposMelhoria = \frac{TempoDeExecuçãoAfetadoPelaMelhoria}{QualidadeDaMelhoria} + TempoDeExecuçãoNãoAfetado$$

- Consequência da lei de Amdahl: torne o caso comum rápido
  - A frequência de alguns eventos é muito maior do que outros.
  - Geralmente o caso comum é mais simples.

MIPS – *Milhões de instruções por segundo*

- Alternativa para o tempo com métrica de desempenho
  - Baseado no número de milhões de instruções

$$MIPS = \frac{ContadorDeInstruções}{TempoDeExecução \times 10^6}$$

- Computadores mais rápidos possuem um índice MIPS mais alto
  - Mais fácil de ser entendido

- **Problemas:**
  - Considera a taxa de execuções de instruções
    - Mas desconsidera as capacidades das instruções
    - Não permite comparar computadores com diferentes conjuntos de instruções
  - O MIPS vária entre programas no mesmo computador
  - Pode variar inversamente com o desempenho!

[EX] MIPS como medida de desempenho

- Computador com três classes de instruções e medições de CPI

	CPI para está classe de instrução		
	A	B	C
CPI	1	2	3

- Medindo o código gerado por dois compiladores diferentes para o mesmo programa

	Contagens de instrução para classe de instrução		
Sequencia de código	A	B	C
1	5	1	1
2	10	1	1

- Velocidade de clock de 4GHz.
- Qual sequencia de código será executada mais rápido de acordo com o MIPS? E de acordo com o tempo de execução?

[EX] MIPS como medida de desempenho

- Encontramos o tempo de execução

$$TempoDeExecução = \frac{CiclosDeClockdaCPU}{VelocidadeDeClock}$$

- Para os ciclos de clock da CPU:

$$CiclosDeClockDaCPU = \sum_{i=1}^{n} (CPI_i \times C_i)$$

$$CiclosDeClockDaCPU_1 = (1 \times 5 + 2 \times 1 + 3 \times 1) \times 10^9 = 10 \times 10^9$$

$$CiclosDeClockDaCPU_2 = (1 \times 10 + 2 \times 1 + 3 \times 1) \times 10^9 = 15 \times 10^9$$

- Tempo de execução para os dois compiladores:

$$TempoDeExecução_{\ 1} = \frac{10 \times 10^9}{4 \times 10^9} = 2{,}5\ seg.$$

$$TempoDeExecução_{\ 2} = \frac{15 \times 10^9}{4 \times 10^9} = 3{,}75\ seg.$$

- De acordo com o **tempo de execução** o compilador 1 gera o programa mais rápido

[EX] MIPS como medida de desempenho

- O índice MIPS para cada versão do programa

$$MIPS = \frac{ContagemDeInstruções}{TempoDeExecução \times 10^6}$$

$$MIPS_1 = \frac{(5 + 1 + 1) \times 10^9}{2{,}5 \times 10^6} = 2.800$$

$$MIPS_2 = \frac{(10 + 1 + 1) \times 10^9}{3{,}75 \times 10^6} = 3.200$$

- Código do compilador 2 possui índice MIPS mais alto
- Código do compilador 1 é executado mais rápido
  - MIPS pode falhar em fornecer o desempenho

Apêndice – Frações de segundo

Unidade	Em segundos
Segundo (s)	1 s
Milisegundos (ms)	0,001 s (1×10^{-3} s)
Microsegundos (µs)	0,000001 s (1×10^{-6} s)
Nanosegundos (ns)	0,000000001 s (1×10^{-9} s)
Picosegundos (ps)	0,000000000001 s (1×10^{-12} s)

Bibliografia

1. PATTERSON, D.A; HENNESSY, J.L. **Organização e Projeto de Computadores: A Interface Hardware/Software**. 3a. Ed. Elsevier, 2005.
   – Capítulo 2

2. Notas de aula do prof. Luciano J. Senger:
   – http://www.ljsenger.net/classroom.html

FIM – Aula 06

- FIM:
  - Aula 06 – Avaliando o desempenho 2
- Próxima aula:
  - **Aula 07 – Caminho de dados e controle 1**