



ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Desempenho Computacional: Parâmetros.



ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# O que é “Desempenho”?

- Conjunto de características ou de possibilidades de atuação, tais como velocidade, capacidade, autonomia entre outras.



ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Medidas de desempenho de um automóvel

- Velocidade máxima.
- Consumo (km/litro).
- Aceleração (tempo para ir de 0 a 100 km/hora).
- Espaço de frenagem a uma “dada” velocidade.



Ferrari 458 Spider

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Desempenho Computacional

- Métrica: algo que pode ser medido.
- Objetivo: avaliar se uma arquitetura é boa/ruim.
  - Exemplos:
    - Tempo de execução de um programa;
    - Número de programas executados por segundo;
    - Ciclos por instruções do programa;
    - Energia consumida por um programa.
- Como podemos comparar? Medir?

# Medidas de desempenho de sistemas computacionais

## ➤ Vazão/Taxa (*Throughput*):

➤ Taxa na qual os pedidos são atendidos pelo sistema.

## ➤ Utilização:

➤ Fração do tempo em que o recurso permanece ocupado atendendo os pedidos dos usuários.

## ➤ Tempo de resposta:

➤ tempo decorrido entre o pedido, o início e a conclusão.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Vazão

- Taxa na qual os pedidos são atendidos pelo sistema.
- Exemplos:
  - Sistemas em lotes: *jobs* por segundo;
  - Sistemas interativos: pedidos por segundo;
  - CPUs: MIPs ou MFLOPs;
  - Redes: pacotes por segundo (pps) ou bits por segundo (bps);
  - Sistemas de Processamento de Transações: Transações por segundo (TPS).

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Medidas de desempenho

## ➤ Velocidade:

- tempo de resposta, vazão e utilização.

## ➤ Confiabilidade:

- Probabilidade de erro;
- Intervalo entre erros.

## ➤ Disponibilidade:

- Duração da falha.
- Intervalo entre falhas.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Benchmarks

- BENCHMARKING é o processo de comparação entre dois ou mais sistemas através de medições.
- BENCHMARKS são as cargas de trabalho (*workloads*) utilizadas para as medições.





ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Técnicas de Avaliação

➤ Medição.

➤ Modelagem Analítica.

➤ Simulação.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Medição

- Para efetuar as medições (Benchmarks) é necessário ao menos um protótipo do sistema.
- Normalmente é difícil comparar alternativas.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Modelagem Analítica

- É uma técnica aproximada a realidade por um modelo.
- Em “modelos simples” e com uma boa aproximação, é possível avaliar facilmente as alternativas.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Modelagem Analítica

- Teoria das filas.
- Filas associadas a recursos.
- Caracterização:
  - Processo de chegada;
  - Processo de atendimento;
  - Número de servidores;
  - Tamanho máximo da fila;
  - Política de atendimento da fila.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Simulação

- Simulação de eventos discretos (ex.: chegada de usuário, término de serviço etc.) é tratado quando do instante de sua ocorrência.
- Simula o comportamento de um sistema real.
- Em geral, é possível construir um modelo mais próximo da realidade do que com a teoria das filas.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Critérios para seleção da técnica de avaliação

- Tipo da utilização.
- Percentual de erros aceitáveis.
- Tempo da utilização.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Importância de melhorar o desempenho na computação

- Capacidade computacional.
- Desempenho.
- Qualidade.
- Prazo.
  - Previsão do tempo necessário para realizar uma atividade.

# Forma desejável de medir desempenho

- Avaliar desempenho baseando em um *workload* significativo.
- Fabricantes de computadores: deveriam analisar seus projetos tendo como base *workloads* atuais e estimativas dos consumidores.
- Consumidores: não se baseam em *workloads* para considerar a melhor opção dentre computadores disponíveis (custo é o primeiro parâmetro).



ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Objetivo

- Fazer escolhas inteligentes (otimização).
- Esquecer o sensacionalismo do mercado (grifes).
- Ponto fundamental para compreender as reais necessidades de um sistema.
- Por que alguns hardwares são melhores que outros para diferentes programas?
- Quais fatores do desempenho do sistema são relacionados ao hardware? Um novo equipamento ou um novo sistema operacional?

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Perspectiva de projeto

- Opções de projeto, em qual delas:
  - Melhor desempenho?
  - Base para comparação.
  - Métricas de avaliação.
  - Menor custo? (restrições)
  - Melhor custo-benefício? (expectativas)



ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Perspectiva de compra

- Dada um conjunto de computadores, qual deles tem:
  - Menor custo?
  - Melhor desempenho?
  - Melhor custo-benefício?

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Desempenho de uma CPU

- Complexo de se avaliar:
  - Maior complexidade e escala dos softwares modernos.
- Ampla disponibilidade de técnicas para melhoria de desempenho:
  - Recursos da CPU: múltiplos núcleos, cache .

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Desempenho de uma CPU

## Exemplo 1

Supondo que um programa tenha 1900 instruções de LOAD e cada uma delas demora 3 ciclos de clock para serem executadas, o tempo para execução dessas instruções seria de:

**1900 x 3 ciclos de clock?**



ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Exemplo 1:

- Não, pois é impossível apenas com o manual do conjunto de instruções determinar a velocidade de execução, existem outros parâmetros que devem ser analisados.

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Fatorial em Sistema Embarcado

## Exemplo 2

---

```

1 // Código C
2 int fatorial(int n) {
3     int i = 0, f = 1;
4     for (i; i < n; i++) {
5         f = f*(n-i);
6     }
7     return f;
8 }

```

---



---

```

1 # Assembly
2 <fatorial>:
3     save %sp, -104, %sp
4     st %i0, [ %fp + 0x44 ]
5     clr [ %fp + -8 ]
6     mov 1, %g1
7     st %g1, [ %fp + -4 ]
8     b fatorial+0x4c
9     nop
10 .fatorial+0x1c:
11     ld [ %fp + 0x44 ], %g2
12     ld [ %fp + -8 ], %g1
13     sub %g2, %g1, %g1
14     ld [ %fp + -4 ], %o0
15     mov %g1, %o1
16     call <.umul>
17     nop
18     mov %o0, %g1
19     st %g1, [ %fp + -4 ]
20     ld [ %fp + -8 ], %g1
21     inc %g1
22     st %g1, [ %fp + -8 ]
23 .fatorial+0x4c:
24     ld [ %fp + -8 ], %g2
25     ld [ %fp + 0x44 ], %g1
26     cmp %g2, %g1
27     bl fatorial+0x1c
28     nop
29     ld [ %fp + -4 ], %g1
30     mov %g1, %i0
31     restore
32     retl
33     nop

```

---

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Exemplo 2:

## ➤ Processador LEON3 (RISC)

- SPARC V8
- 50 MHz
- 128 MB RAM
- 16 KB cache D/I

## ➤ Standalone (s/ SO)

- Setup  $n = 3$
- ~~➤ Estimativa: 78 ciclos de clock~~
- Real: ~175 ciclos de clock.
  - Stalls de memória (origem nas falhas de cache)

Quadro 2 – Contagem de ciclos de clock das instruções assembly do fatorial de 3

Instrução*	Quantidade	Ciclos de processamento	Subtotal
save	1	1	1
st	8	2	16
clr	1	1	1
mov	8	1	8
b	1	1	1
bl	4	1	4
nop	9	1	9
ld	21	1	21
sub	3	1	3
call	3	1	3
inc	3	1	3
cmp	4	1	4
restore	1	1	1
retl	1	3	3
Total			78



ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Desempenho de uma CPU

- Desempenho é um dos fatores mais importantes para os projetistas de arquiteturas.
- O que fundamentalmente determina o desempenho de um computador?

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Qual dos aviões tem maior desempenho? Exemplo 3

- Tempo para realizar a tarefa - latência
  - Quanto tempo cada avião leva para completar a tarefa de "transportar"?
- Tarefas por dia, hora, semana, segundo - vazão
  - Quantas pessoas podem ser transportadas por hora?

ECM 245

Arquitetura e  
Organização de  
Computadores

5ª-feira

07h40-09h20

Sala: H204

AULA 17

# Dados Técnicos

➤ Viagem de Paris para Washington

Avião	Tempo	Velocidade	Capacidade	Vazão	
Boeing 747	6,5 horas	980 km/h	470	72,3	(470 / 6,5)
Concorde	3 horas	2170 km/h	132	44	(132 / 3)

# Exemplo 3:

Tempo do Concorde vs. Boeing 754?

2.170 km/h / 980 km/h ~ 2,21 vezes mais rápido (6,5 horas/3 horas)

Vazão do Concorde vs. Boeing 747?

Concorde é  $44 / 72,3 = 0,61$  "vezes mais rápido".

Boeing é  $72,3 / 44 = 1,60$  "vezes mais rápido".

Boeing é 1,6 vezes (60%) mais rápido (vazão).

Concorde é 2,2 vezes (120%) mais rápido (latência).

Foco primário no tempo de execução de um único trabalho.

Inúmeras instruções => Vazão de instruções é importante!

f /BALPAPilots

# BALPA

t /BALPAPilots



GROUP A	GROUP B	GROUP C	GROUP D	GROUP E	GROUP F	GROUP G	GROUP H
B787	A320	B747	B757	A380	A350	B777	Concorde
B767	DC9	Trident	Bae 146	A330/A340	B737	L-1011 Tristar	DC3
Embraer ERJ family	Dash 8	DC-10	B707	Bidder CRJ family	DH Comet	B727	Sikorsky 561
Fokker 50	Twin Otter	Saab 2000	A5355-Twin Squirrel	IL-96	Short 360	BAC 1-11	E-jet family