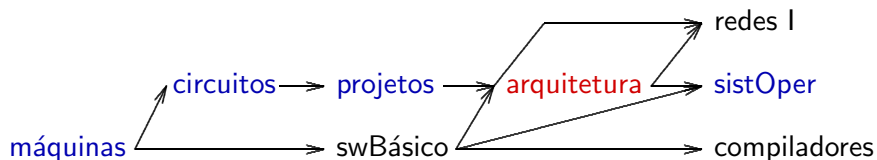


# CI212 – Organização e Arquitetura de Computadores

Roberto A Hexsel  
roberto@inf.ufpr.br  
www.inf.ufpr.br/roberto/CI212.html

Material adicional para o curso:  
www.inf.ufpr.br/roberto/ci212  
/public/soft/linux/archC  
/public/soft/linux/simplescalar

## De Onde para Onde?



## O que se aprende nesta disciplina?

- como um programa em C é executado num computador;
- qual a interface entre o hardware e o software;
- o que determina o desempenho de um programa;
- o que determina o desempenho de um computador;
- o que um programador pode fazer quanto aos dois itens acima;
- o que é depuração (otimização) de desempenho.

## Bibliografia

livro texto:

**Computer Organization and Design,** P&H-COD  
D A Patterson e J L Hennessy, 3a Ed, Morgan Kaufmann, 2005

**Projeto e Organização de Computadores,**  
D A Patterson e J L Hennessy, trad (ruim) da 3a Ed (capa azul),  
Ed Campus, 2005

tradução da segunda edição pode ser usada (capa verde), mas  
números de seções, páginas e de exercícios serão da 3a Ed

**Leitura do livro é fundamental**  
**fazer os exercícios também**  
cópia dos slides pode atrapalhar mais que ajudar

## Programa

- ★ apresentação da disciplina, introdução
- ★ conjuntos de instruções - MIPS **TODOS DEVEM ESTAR COM O LIVRO!** (2)
- ★ rev aritmética de ponto fixo, mult+div, aritm de ponto flutuante (2)
- ★ circuito de dados do MIPS (ciclo longo e multiciclo) (3)
- ★ avaliação de desempenho
- ★ xxXXX prova Caps 1-5
- ★ segmentação do circ de dados (pipeline), super-escalares (4)
- ★ revisão de sistemas de memória, memória cache (4)
- ★ xxXXX prova Caps 1-7.4
- ★ hierarquia de memória, memória virtual (3)
- ★ sistemas de E/S, redes, barramentos, dispositivos
- ★ interfaces de E/S com CPU, SO
- ★ xxXXX prova Caps 1-8
- ★ xxXXX final

## Por que estudar Arquitetura?

- ser um programador competente:
  - usar caches e memória virtual de forma vantajosa;
- aprender algoritmos e técnicas para alta velocidade:
  - tirar proveito da hierarquia de memória;
- usar bem recursos da máquina:
  - idem com relação a E/S, segmentação;
- poder trabalhar com eletrônica embarcada:
  - mercado novo e com poucos programadores competentes;
- entender artigos das revistas da ACM, IEEE;
- e, principalmente, ser feliz a vida é de vocês...

## Classes de computadores

- **desktop** – bom desempenho para usuário a custo baixo
- **servidor** – bom desempenho para uma aplicação grande (científica, engenharia), ou muitas pequenas (bDados, serv web)
  - \* desktop envenenado  $\approx 3k$  US\$
  - \* servidor com múltiplas CPUs [1M, 10M] US\$
  - \* supercomputador com  $>128$  CPUs  $> 5M$  US\$
- **embutido** – uso dedicado e escondido em algum produto celular, forno de microondas, freio ABS
  - \* vende-se  $> 20x$   $\mu$ Proc de 32bits para uso embarcado do que para uso em desktops
  - \*  $\approx 70\%$  de todo sw novo é para ser embarcado
  - \* 6-7 engenheiros de SW para cada engenheiro de HW

## Modelo de Von Newman (1945)

Computador com programa armazenado

Memória é um vetor de bits;  
interpretação dos bits definida por  
arquiteto do computador e/ou programador

Parte da memória contém instruções  
parte da memória contém dados

## Abstrações

linguagem de alto nível	C, ML, Java, Lisp
linguagem de montagem	MIPS, SPARC, 80x86
linguagem de máquina	bits, bytes e palavras
álgebra booleana	portas, flip-flops
equações diferenciais	resistores, transistores
mecânica quântica	portadores de carga

## Abstrações

Eng eletrônico, físico	portadores de carga, corrente, tensão
Eng “digital”	portas, flip-flops
Arquiteto	instruções, ULA, registradores
Programador de SO	ABI, instruções, interrupções, C
Programador de aplicação	API, bibliotecas
Usuário	browser, caixa eletrônico

## Abstrações e Interfaces

Interface entre HW e SW – conj de instruções (Cdl)      API do HW?  
 interface entre aplicativo e SO – applic binary interf      ABI  
 interface entre programa e máquina – Cdl + ABI

Cada interface esconde detalhes e simplifica raciocínio

Cdl é a interface que facilita a programação do HW

Cdl é a arquitetura do processador

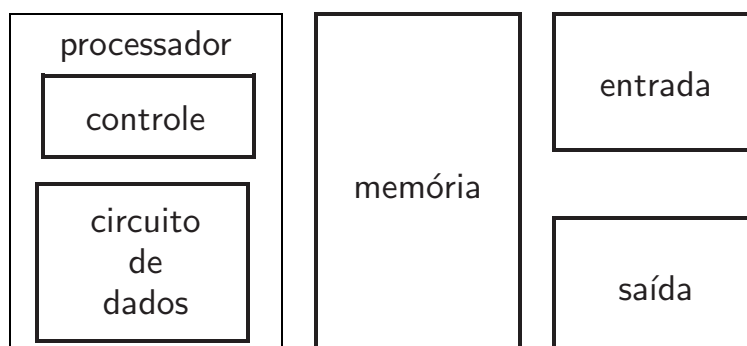
uma arquitetura pode ser implementada de várias maneiras

8086, 186, 286, 386, 486, Pentium, pPro, P-II, P-III, P-IV

## Traduções

alto nível	tradução
compilador, interpretador	C → MIPS
montador	MIPS → executável
carregador	executável → processo
simulador digital	esquema → circuito
simulador de circuitos	circuito → voltagens

## Organização de Computadores



## Definição de Arquitetura de Computadores

1. **arquitetura do conjunto de instruções (Cdl):**  
conjunto de instruções e registradores visíveis ao programador  
**Instruction Set Architecture = ISA**
2. **organização (micro-arquitetura):**  
blocos tais como sistema de memória, barramentos, CPU;  
mais de uma implementação de mesmo conjunto de instruções  
(AMD e Intel, 80{,1,2,3,4,5,6}86)
3. **hardware:**  
tecnologia de implementação,  
circuitos integrados (CMOS vs NMOS), pipelining vs multi-ciclo

## Princípios de Projeto em Arquitetura

**Princípio 1:** simplicidade favorece regularidade

**Princípio 2:** menor é mais rápido (quase sempre)

**Princípio 3:** um bom projeto demanda compromissos

**Princípio 4:** o caso comum deve ser o mais rápido

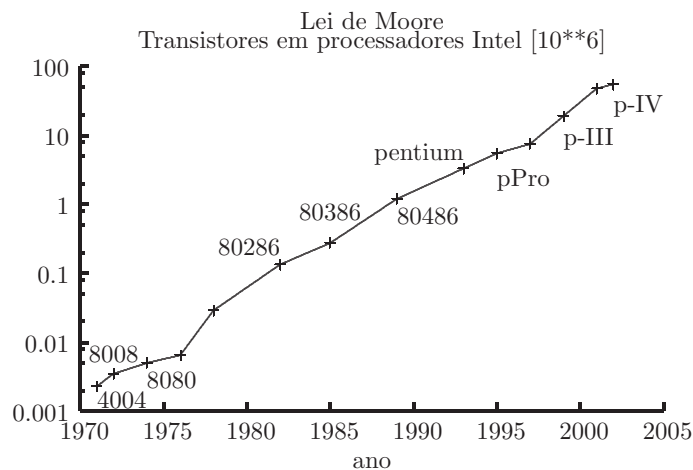
### Família Intel

FAMÍLIA INTEL				
processador	ano	trans $10^6$	área [mm <sup>2</sup> ]	clock [MHz]
4004	1971	0.0023	12	0.75
8008	1972	0.0035		
8080	1974	0.0045	190	
8085	1976	0.0065		1-5
8086	1978	0.029		2-10
80186	1981			
80286	1982	0.134		
80386	1985	0.275	43	16-33
80486	1989	0.9-1.6	160-80	20-100
Pentium	1993	3.3	148	60-200
PentiumPro	1995	5.5	308	150-200
PentiumII	1997	7.5		233-450
Celeron	1999	19		300-700
P3 xeon	1999	28		500-900
P3 server	2001	48		1.400
Pentium4	2002	55	250	2.400

P4 dissipa 80W/cm<sup>2</sup>

## Circuitos Integrados – CPU

Capacidade de processamento cresce 30-55% aa      4× em  $\approx 3$  anos



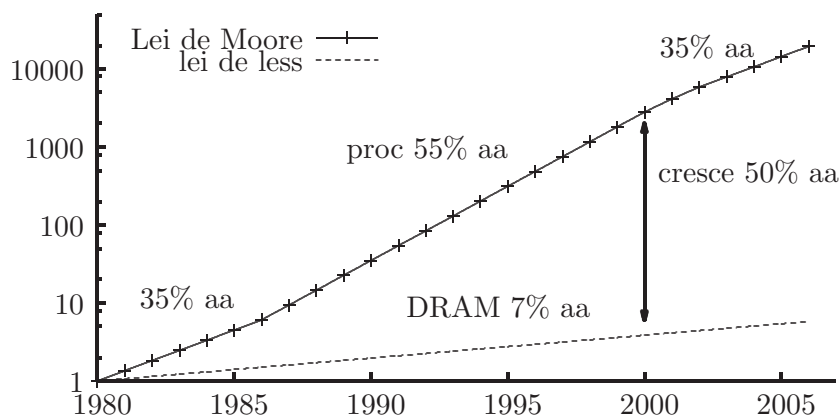
Número de transistores  $\neq$  capacidade de processamento

## Circuitos Integrados – memória

Capacidade de DRAM cresce 40-60% ao ano      4× em 3-4 anos

Velocidade de DRAM cresce  $\approx 7\%$  ao ano      2× em **10** anos

desempenho: processadores vs DRAM



## Mercado de microprocessadores

Até 1996, o campeão de vendas era o 68x05, com mais de dois bilhões de unidades desde seu lançamento em 1979...

Em 2000, foram vendidos duas vezes mais processadores de 32 bits para uso embutido do que para uso em desktops...

Em 2004, CPUs classe P4 (Intel+AMD) são  $<4\%$  do mercado (US\$)  
maior mercado é o de processadores embutidos...

Software para desktop é menos que 10% de todo software novo,  
software embarcado é mais de 70% de todo o software novo