

Aula 02: Tendências Tecnológicas e Custos

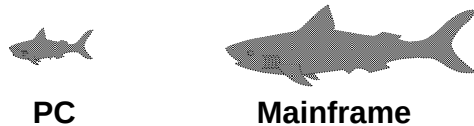
Cadeia Alimentar Figura Original



Regra: Peixes maiores comem peixes menores

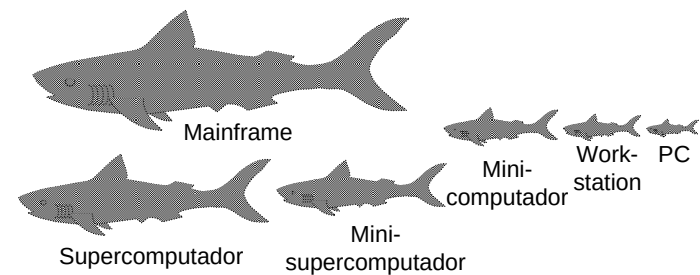
Tubarões e Comidas

- O que é um tubarão? *sistema de computação*

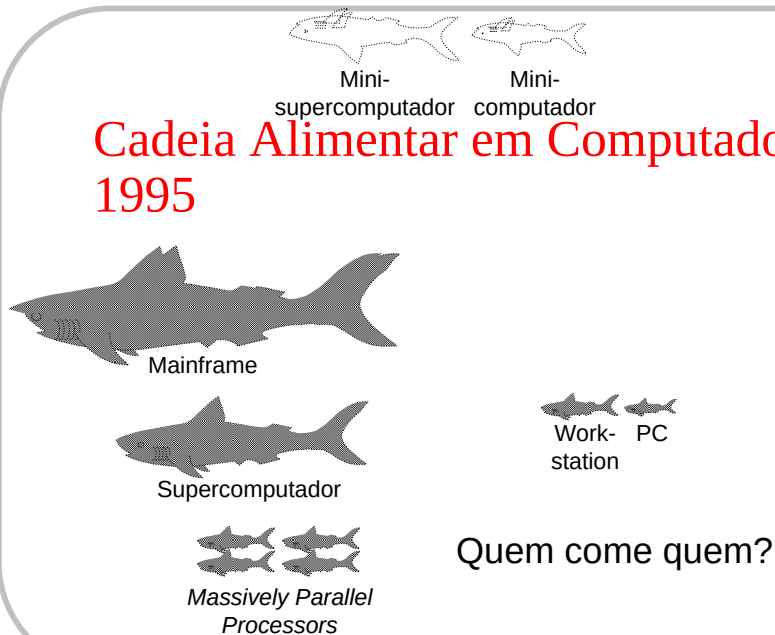


- *comer*: seguindo avanços tecnológicos

Cadeia Alimentar em Computadores 1985



Cadeia Alimentar em Computadores 1995



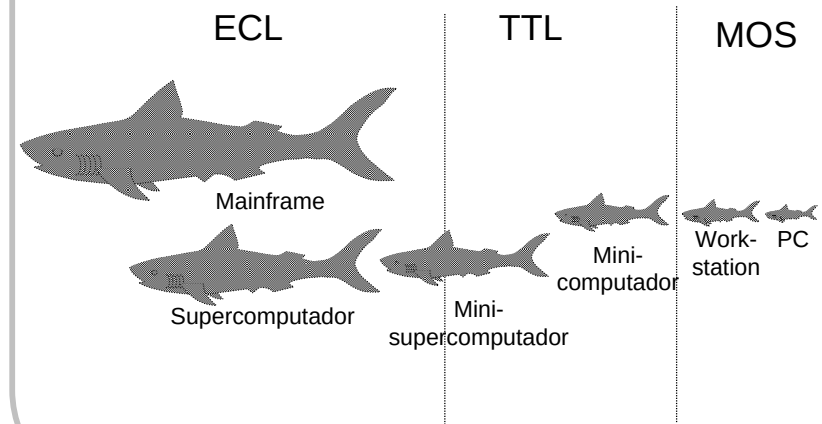
Por que tal mudança em 10 anos?

- **Função**
 - Aumento da inter-conectividade entre as máquinas
 - diversos pequenos fazem o mesmo trabalho que um grande)
- **Performance**
 - Avanços tecnológicos
 - CMOS VLSI domina TTL e ECL em custo e performance
 - Avanços em arquitetura nos micros de pequeno porte
 - RISC, superescalar, RAID, ...

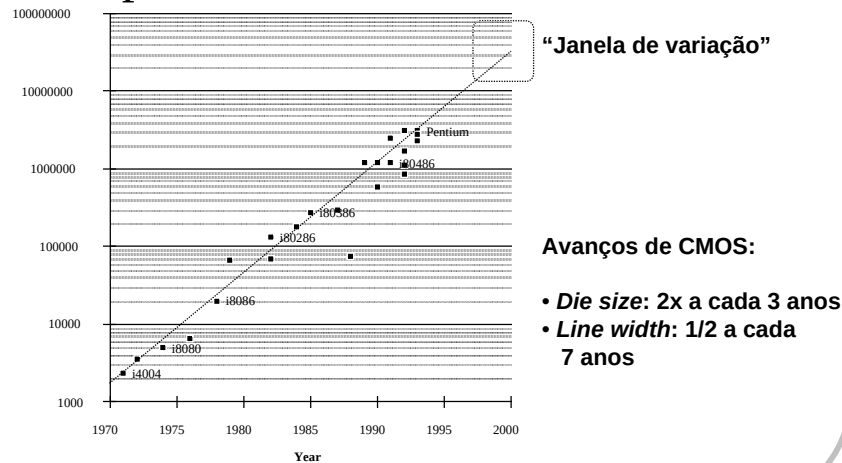
Por que tal mudança em 10 anos?

- **Preço:**
 - Desenvolvimentos mais simples
 - CMOS VLSI: sistemas menores, menos componentes
 - Altos volumes
 - CMOS VLSI : mesmo custo de 10,000 unidades e 100,000 unidades
 - Margens de lucros menores

Tecnologias Usadas em 1985



Projeções Tecnológicas: Capacidade de Processadores



Tarefa do Projetista de Computadores

- Determinar quais atributos são importantes para o projeto de uma nova máquina a fim de maximizar performance e minimizar o custo
 - Como minimizar custo?
 - Como maximizar performance?

Custo e Performance Utilização de Microprocessadores

- 35% / ano de crescimento para processadores seguindo somente avanço tecnológico na fabricação de circuitos integrados
 - Mas microprocessadores crescem 54% / ano
- Redução do uso de linguagem de máquina
- Criação de sistemas operacionais independentes de máquinas

Variáveis Usadas no Projeto de uma Nova Máquina

- Projeto do conjunto de instruções
 - Organização funcional
 - Projeto lógico
 - Implementação
 - Projeto do circuito integrado
 - Encapsulamento
 - Potência
 - Resfriamento
- Tudo isso é arquitetura de computadores!!!*

Tendências para Projeto de Microprocessadores

- Quando alguém projeta um processador (ou uma nova máquina), ele só vai ser lançado daqui a 2 anos
 - Precisamos considerar o que estará disponível daqui a dois anos. E se eu não for projetar máquinas? Você vai escrever software?
 - Também precisa considerar parâmetros válidos para análise do que você vai estar entregando daqui a dois anos
- Na verdade, este curso se resume a uma palavra: *Planejamento*

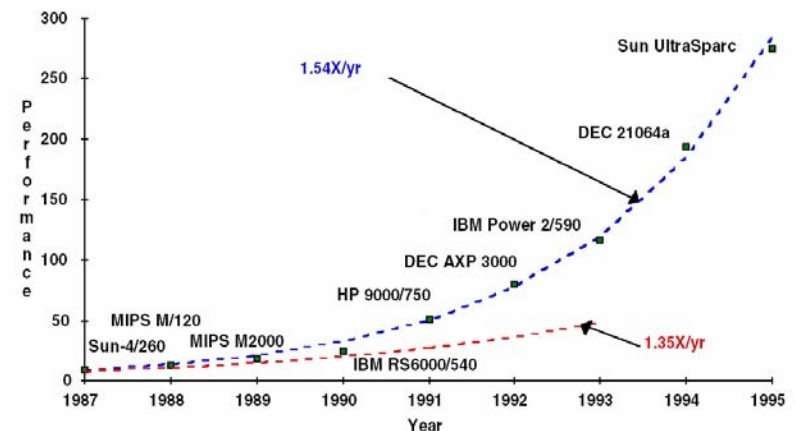
Memória Utilizada por Programas

- *Consumo de endereços:*
 - Memória média para executar um programa tende a crescer 1.5 a 2 vezes por ano, ou seja, de 1/2 a 1 bit de endereçamento por ano
- Uso de linguagens de alto nível
 - Importância maior de compiladores e técnicas mais agressivas para a compilação de código

Circuitos Integrados

- Densidade cresce 50 % ao ano
- Tamanho do *die* cresce 10-25 % ao ano
- Efeito combinado: crescimento de 60-80 % ao ano no número de transistores
- *Mas não conseguimos manter a mesma percentagem dos transistores funcionando em um dado instante*

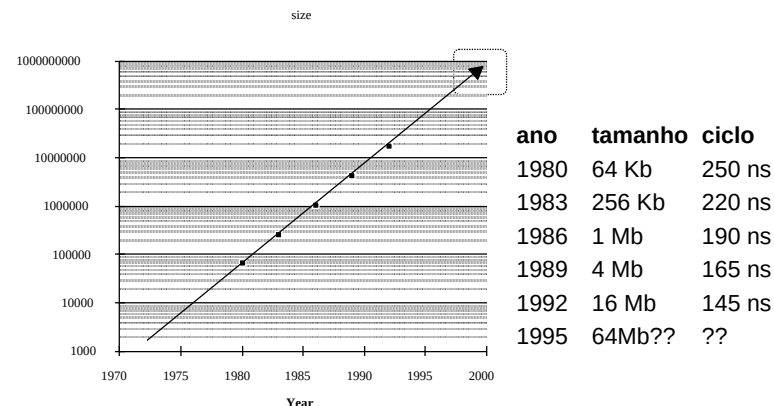
Performance de Processadores



DRAMs

- A densidade de DRAMs cresce em torno de 60% ao ano, quadruplicando em 3 anos
- Tempo de ciclo melhora lentamente: diminuiu 35% em 10 anos
 - Por que nos últimos 10 anos o efeito da velocidade das DRAMs passou a ser importante? (386 vs. 486)
- $d\$ / dt$ para memórias decresce 40% ao ano devido a aumento de produção e maturidade do processo de fabricação

Capacidade de Memória (DRAM em um único chip)



Discos Magnéticos

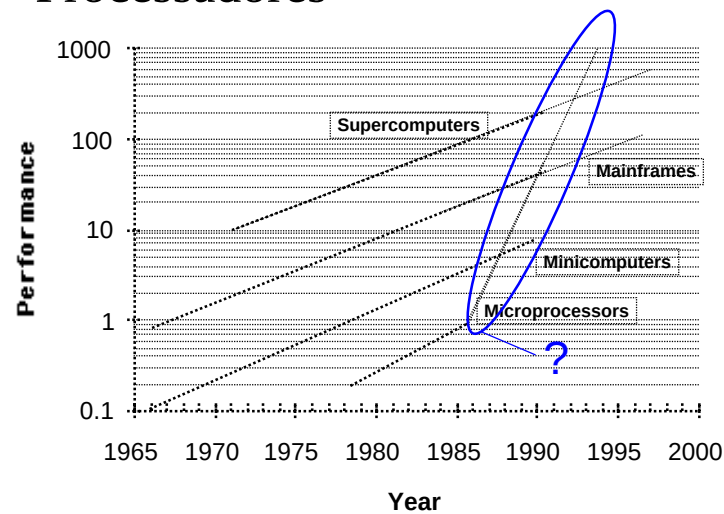
- A densidade de armazenamento de discos magnéticos cresce em torno de 50% ao ano, quadruplicando em 3 anos (tendência após 1990)
- Tempo de acesso: +/- 35% em 10 anos

Previsões Tecnológicas (Resumo)

	Capacidade	Velocidade
Lógica	2x em 3 anos	2x em 3 anos
DRAM	4x em 3 anos	1.4x em 10 anos
Disco	4x em 3 anos	1.4x em 10 anos

- Até mesmo durante a vida útil do processador (2 anos) os avanços tem que ser levados em conta
- Crescimentos não são lineares (ex: DRAMs)

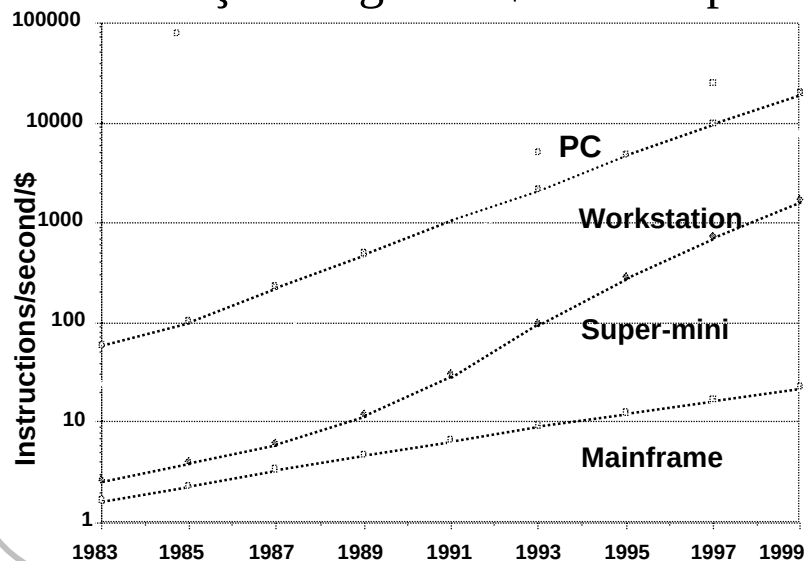
Previsões de Performance para Processadores



Previsões de Performance (Resumo)

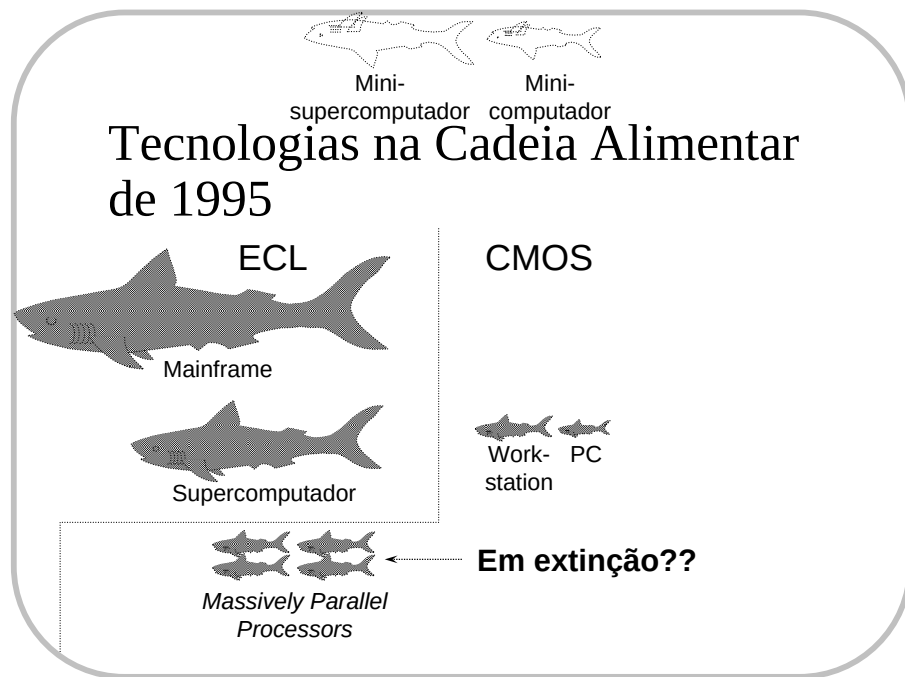
- Performance de workstations (medidas em Spec Marks) melhoram aproximadamente 50% por ano
- Melhoria em custo e performance estimada em 70% ao ano

Instruções/segundo/\$ vs. Tempo



Perspectiva para processadores

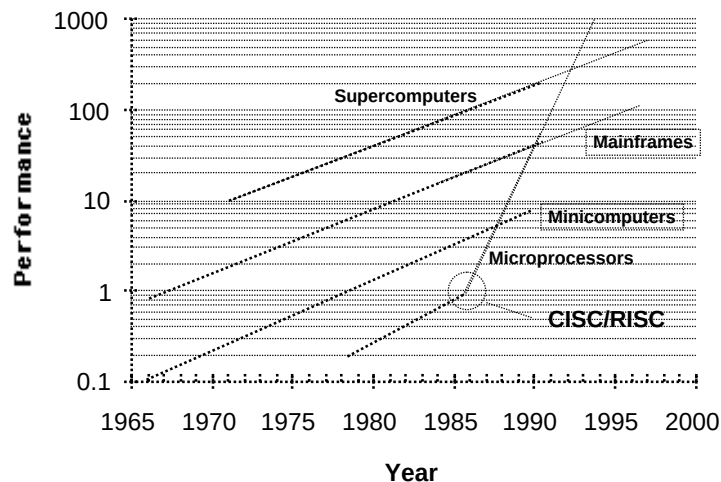
- Análise comparativa IBM POWER2 Workstation vs. Cray YMP Supercomputador
- | | Workstation | Supercomputador |
|---------|-------------|-------------------------|
| Ano | 1993 | 1988 |
| MIPS | > 200 MIPS | < 50 MIPS |
| Linpack | 140 MFLOPS | 160 MFLOPS |
| Custo | \$120,000 | \$1M (\$1.6M in 1994\$) |
| Clock | 71.5 MHz | 167 MHz |
| Cache | 256 KB | 0.25 KB |
| Memória | 512 MB | 256 MB |
- Supercomputador de 1988 em servidor de 1993!



Qual a Origem desta Performance?

- Tecnologia?
- Organização?
- *Instruction Set Architecture?*
- Software?
- Alguma combinação dessas opções?

Projeções Tecnológicas (Inovação Arquitetural)



Projeções de Performance (avanços tecnológicos)

Velocidade da lógica: 2x a cada 3 anos

Capacidade da lógica: 2x a cada 3 anos

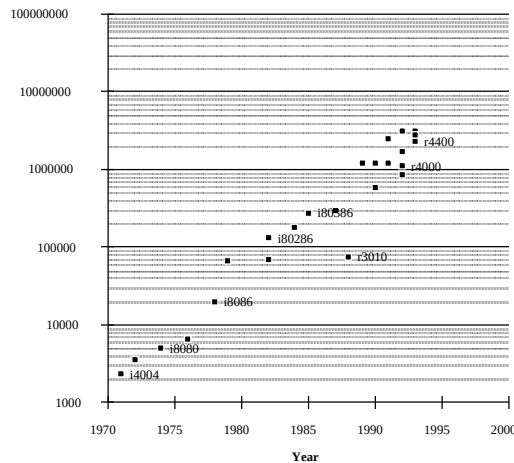
Leva a:

aumento de capacidade: 4x a cada 3 anos

– Se pudermos manter a mesma taxa de transistores funcionando em cada ciclo

– Real: 3.3x a cada 3 anos

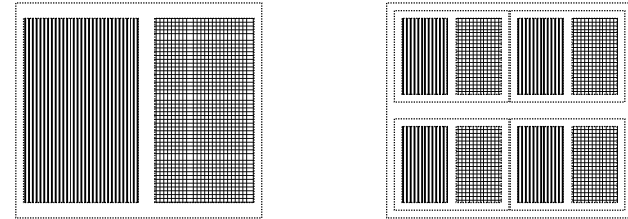
Previsões de Performance (Organização de Microprocessor)



- **Bit Level Parallelism**
- **Pipelining**
- **Caches**
- **Instruction Level Parallelism**
- **Out-of-order Xeq**
- **Speculation**
- . . .

E Além Disso?

- *Instruction level parallelism* (ILP) maior?
- Caches maiores?
- Múltiplos processadores por chip?
- Sistemas completos em um chip? (*Portable Systems*)



- LANs de alta performance, Interface, e Interconexão

Tecnologia de Hardware

	<u>1980</u>	<u>1990</u>	<u>2000</u>
Chips de mem.	64 K	4 M	256 M-1 G
Velocidade	1-2	20-40	400-1000
Discos 5-1/4"	40 M	1 G	20 G
Floppies	0,256 M	1.5 M	500-2.000 M
LAN (Switch)	2-10 Mbits	10 (100)	155-655 (ATM)
Barramentos	2-20 Mbytes	40-400	

Custo de Circuitos Integrados

$$\text{Custo CI} = \frac{\text{Custo die} + \text{Custo teste} + \text{Custo packing}}{\text{Aproveitamento após teste}}$$

$$\text{Custo die} = \frac{\text{Custo wafer}}{\text{Dies / wafer} * \text{die yield}}$$

$$\text{Dies / wafer} = \frac{\pi * (\text{Raio do wafer})^2}{\text{Área do die}} - \frac{\pi * (\text{Diâmetro do wafer})}{(2 * \text{Área do die})^{1/2}}$$

Custo de Circuitos Integrados

- Exemplo: Qual o número de dies em um wafer de 20cm, onde o tamanho do die é 1.5 cm x 1.5 cm?

$$\text{Área do die} = 2.25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Dies / wafer} = \frac{\pi * (20/2)^2}{2.25} - \frac{\pi * (20)}{(2 * 2.25)^{1/2}} = 107$$

Número real é menor porque nem todos os circuitos funcionarão

Rendimento do wafer *die yield*

$$\text{die yield} = \text{wafer yield} * (1 + \text{defeitos} / \text{área} * \text{Área do die} / \alpha)^{-\alpha}$$

% dos wafers que
são completamente
ruins

3 para CMOS

0.6-1.2 em 1995
dependendo da maturidade
do processo

Rendimento do wafer

- Exemplo: Ache o die yield para dies de 1 cm e 1.5 cm, assumindo densidade de defeitos de 0.8 cm

$$\text{die yield (1 cm)} = (1 + 0.8 * 1 / 3)^{-3} = 0.49$$

$$\text{die yield (1.5 cm)} = (1 + 0.8 * 2.25 / 3)^{-3} = 0.24$$

- Somente 25 dies dos 107 devem funcionar

Exemplos Reais

Chip	Custo do Wafer	Defeitos / cm2	Área mm2	Dies/wafer	Yield	Custo do die
386DX	900,00	1.0	43	360	71%	4,00
486DX2	1.200,00	1.0	81	181	54%	12,00
PowerPC 601	1.700,00	1.3	121	115	28%	53,00
HPPA 7100	1.300,00	1.0	196	66	27%	73,00
DEC Alpha	1.500,00	1.2	234	53	19%	149,00
SuperSPARC	1.700,00	1.6	256	48	13%	272,00
Pentium	1.500,00	1.5	296	40	9%	417,00

Outros Custos

Chip	Custo do die	Pinos	Tipo	Custo	Teste e Montagem	Total
386DX	4,00	132	QFP	1,00	4,00	9,00
486DX2	12,00	168	PGA	11,00	12,00	35,00
PowerPC 601	53,00	304	QFP	3,00	21,00	77,00
HPPA 7100	73,00	504	PGA	35,00	16,00	124,00
DEC Alpha	149,00	431	PGA	30,00	23,00	202,00
SuperSPARC	272,00	293	PGA	20,00	34,00	326,00
Pentium	417,00	273	PGA	19,00	37,00	473,00

Custo em um Sistema

Sistema	Subsistema	Fração do Total
Gabinete		4%
Placa do Processador	Processador	6%
	DRAM (64Mb)	36%
	Vídeo	14%
	I/O	3%
	Placa de circuito impresso	1%
	Subtotal	60%
Dispositivos de I/O	Teclado e mouse	1%
	Monitor	22%
	Disco rígido (1 Gb)	7%
	DAT drive	6%
	Subtotal	36%

Custos vs. Preço

- Custo dos componentes (15-33%)
- Custos diretos (6-8%)
 - Garantia, defeitos, ...
- Margem bruta (custos indiretos) (34-39%)
 - Manutenção, P&D, vendas, impostos, ...
- Preço final (desconto médio) (25-40%)
 - Desconto para compras em volume

Preços de Chips

Chip	Área mm2	Custo	Preço	Multip.	Comentário
386DX	43	9,00	31,00	3,40	Competição intensa
486DX2	81	35,00	245,00	7,00	Sem competição
PowerPC 601	121	77,00	380,00	3,60	
DEC Alpha	234	202,00	1.231,00	6,10	Recuperar P&D?
Pentium	296	473,00	965,00	2,04	Lançamento adiantado