



Centro de Ciência e Tecnologia  
Laboratório de Ciências Matemáticas  
Ciência da Computação

# Arquitetura de Computadores

## Aula 02

# 1 Introdução

Seção 1.3

Seção 1.4

# 2 Organização de sistemas de computadores

Seção 2.1

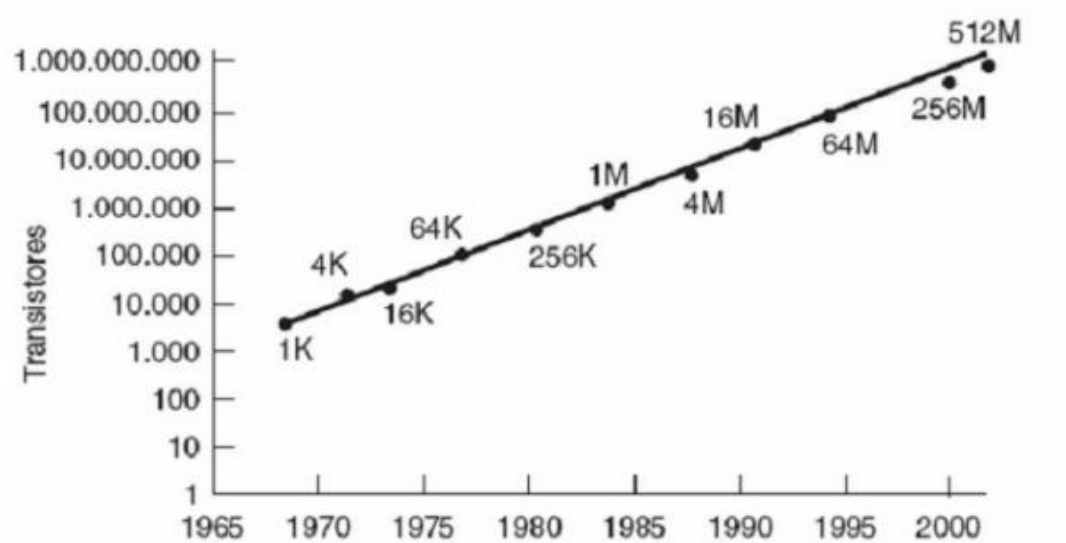
## 1.3 Zoológico dos Computadores

### Gordon Moore

“Se a tecnologia da aviação tivesse progredido tão rapidamente quanto a tecnologia de computadores, um avião custaria 500 dólares e daria uma volta na Terra em 20 min com 5 galões de gasolina. Entretanto, seria do tamanho de uma caixa de sapatos.”



## 1.3.1 Forças tecnológicas e econômicas

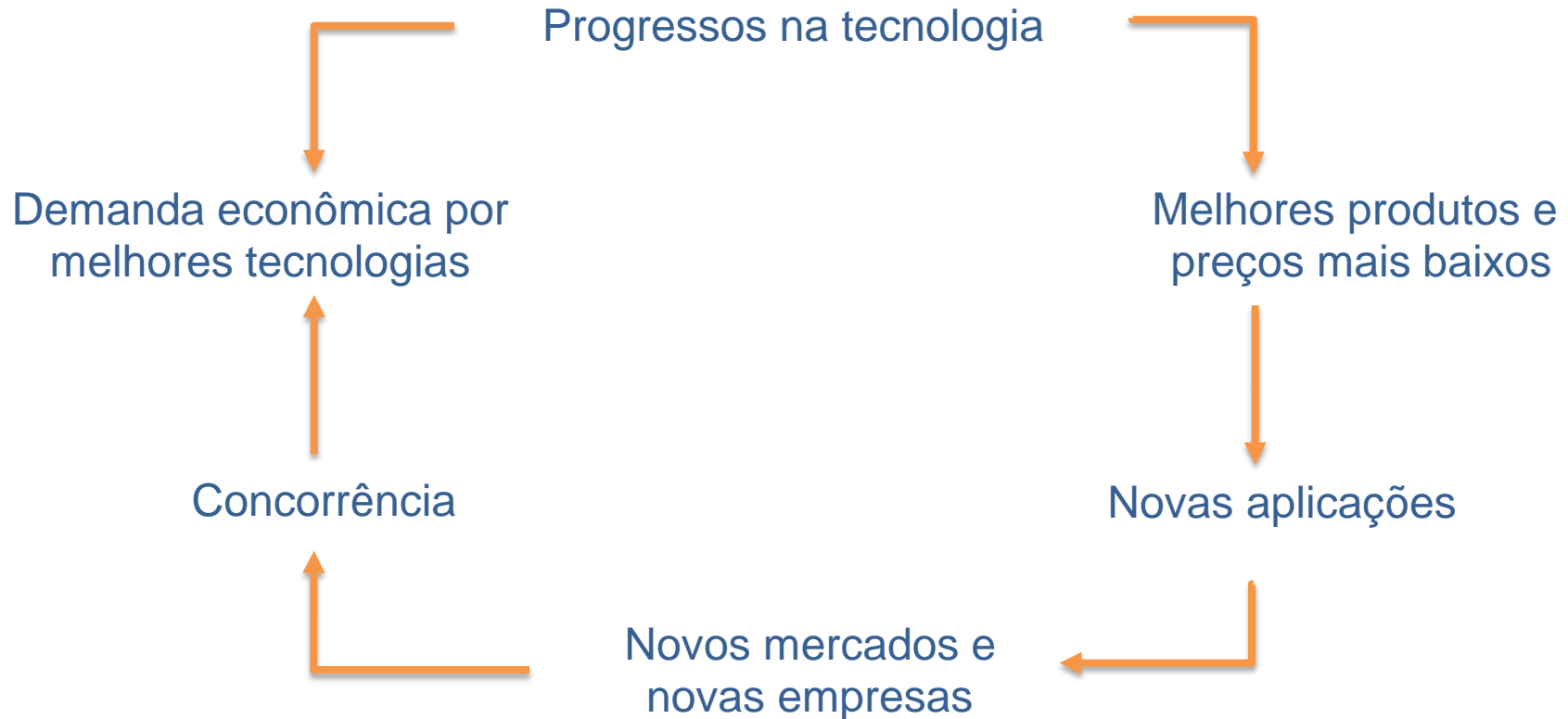


### Lei de Moore

O número de transistores dobra a cada 18 meses (um aumento anual de 60%)

## 1.3.1 Forças tecnológicas e econômicas

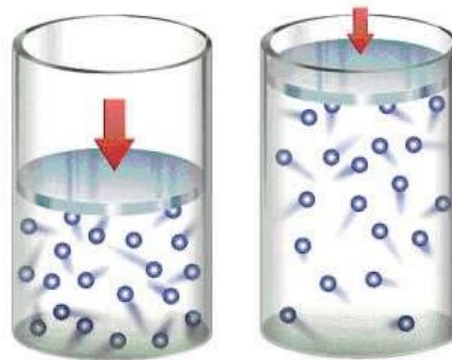
### Círculo Virtuoso



## 1.3.1 Forças tecnológicas e econômicas

### Lei de Nathan

“O software é um gás. Ele se expande até preencher o recipiente que o contém”

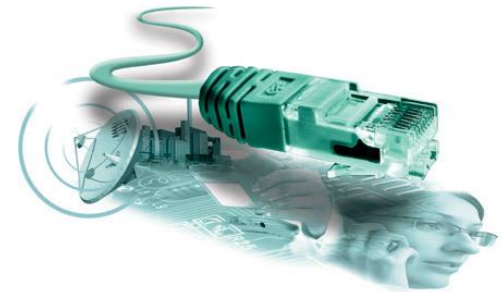


### 1.3.1 Forças tecnológicas e econômicas

O software que continua a adquirir características cria uma demanda constante por:

- processadores mais velozes
- memórias maiores
- mais capacidade de entrada e saída

Telecomunicações e redes:  
teve ganhos espetaculares



## 1.3.2 Tipos de computadores

Tipos de computador disponíveis atualmente. Os preços devem ser vistos com certa condescendência (*cum grano salis*).

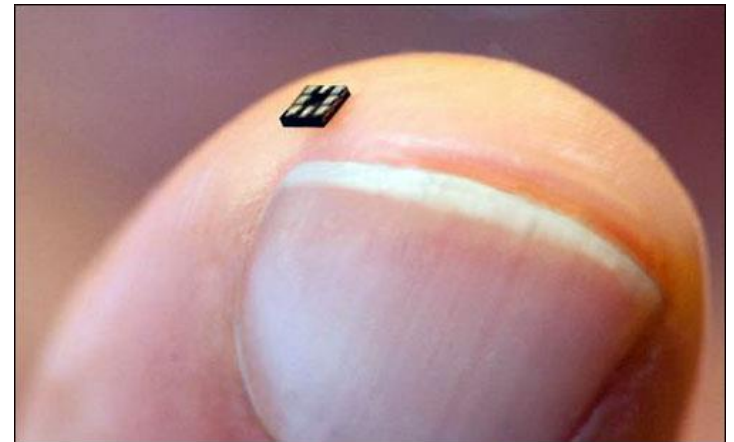
Tipo	Preço (US\$)	Exemplo de aplicação
Computador descartável	0,5	Cartões de felicitação
Microcontrolador	5	Relógios, carros, eletrodomésticos
Computador de jogos	50	Videogames domésticos
Computador pessoal	500	Computador de mesa ou notebook
Servidor	5 K	Servidor de rede
Conjunto de estações de trabalho	50–500 K	Minissupercomputador departamental
Mainframe	5 M	Processamento de dados em bloco em um banco



### 1.3.3 Computadores descartáveis (sistemas mínimos)

#### Chip RFID (Radio Frequency Identification)

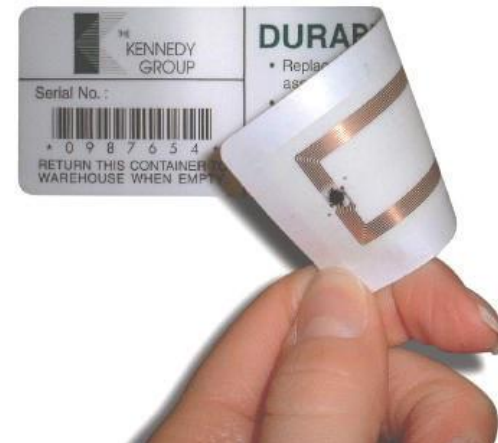
- 0,5mm de espessura
- Sem bateria
- Custa alguns centavos
- Contém um minúsculo radiotransponder
- Um único número de 128 bits embutido



## 1.3.3 Computadores descartáveis

### Etiquetas RFID

- **Passiva** – Estas etiquetas utilizam a rádio frequência do leitor para transmitir o seu sinal e normalmente têm com suas informações gravadas permanentemente quando são fabricadas. Contudo, algumas destas etiquetas são “regraváveis”.
- **Ativa** – As etiquetas ativas são muito mais sofisticadas e caras e contam com uma bateria própria para transmitir seu sinal sobre uma distância razoável, além de permitir armazenamento em memória RAM capaz de guardar até 32 KB.



## 1.3.4 Microcontroladores (pequenos, mas completos)

### Computadores embutidos

Gerenciam dispositivos e manipulam interface de usuários

São completos:

- processador
- memória
- capacidade de entrada e saída

Software:

- Está incorporado no chip na forma de uma memória
- Somente de leitura criada quando o microcontrolador é fabricado

## 1.3.4 Microcontroladores

### Computadores embutidos

#### 2 Tipos

##### Propósito geral

- Computadores pequenos, porém comum

##### Propósito específico

- Tem uma arquitetura e um conjunto de instruções dirigido para alguma aplicação específica (ex. multimídia)

### Computadores embutidos x PCs

- Custo
- Praticamente todos funcionam em tempo real
- Tem limitações físicas em termos de tamanho, peso, consumo de bateria e outras limitações elétricas e mecânicas

## 1.3.5 Computadores de jogos

**Computadores normais, com recursos gráficos especiais e capacidade de som, mas software limitado e pouca capacidade de extensão**

**São sistemas fechados**

**São cuidadosamente otimizadas para uma única área de aplicação**



## 1.3.6 Computadores pessoais

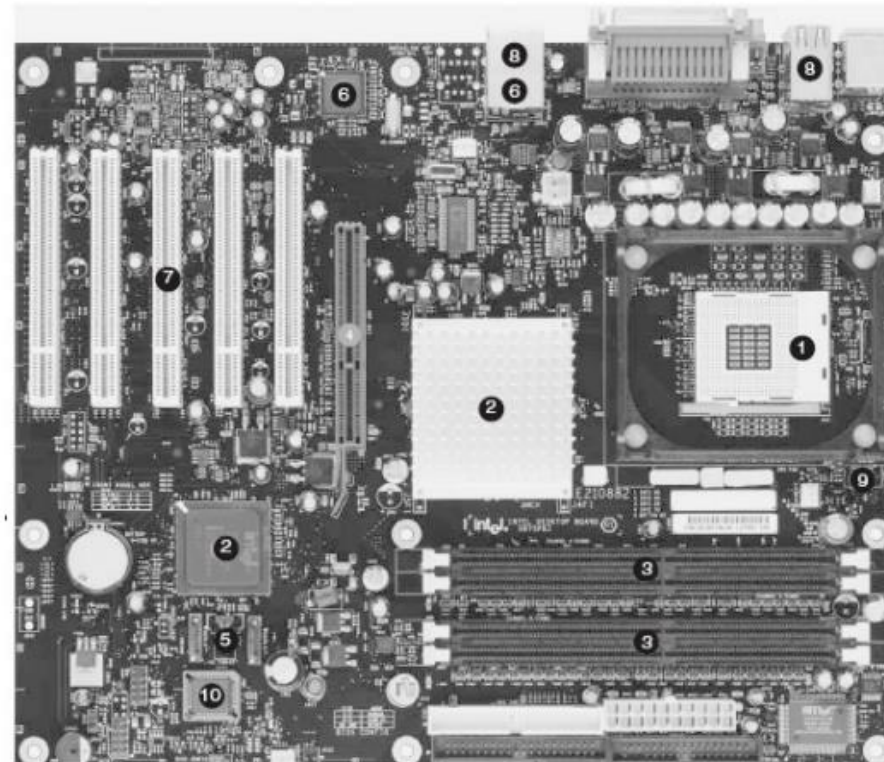
**Costumam vir equipados com:**

- **Centenas e megabytes de memória**
- **Disco rígido**
- **Drive de CD-ROM/DVD/Blu Ray**
- **Interface de rede**
- **Monitor de alta resolução**
- **Periféricos**
- **Sistemas operacionais elaborados**
- **Muitas opções de expansão**
- **Imensa faixa de software disponível**



## 1.3.6 Computadores pessoais

A placa de circuito impresso está no coração de cada computador pessoal. Essa é uma fotografia da placa Intel D875PBZ. Direitos de reprodução da Intel Corporation, 2003, utilização permitida.



1. Soquete Pentium 4
2. Suporte de chip 875 P
3. Soquetes de memória
4. Conector AGP

5. Interface de disco
6. Gigabit Ethernet
7. Cinco encaixes para PCI
8. Portas USB 2.0

9. Tecnologia de resfriamento
10. BIOS



## 1.3.7 Servidores

- **Computadores pessoais reforçados**
- **Capacidade para trabalho em rede de alta velocidade**
- **Vêm em configurações com um único processador ou múltiplos processadores**
  - Em termos de arquitetura um servidor com um único processador na verdade não é muito diferente de um computador pessoal, apenas é mais rápido, maior e tem mais espaço de disco, e possivelmente uma conexão de rede mais rápida.

## 1.3.8 Conjunto de estações de trabalho

### COWs (Clusters of Workstations)

Computadores pessoais ou estações de trabalho padrão conectados por redes de gigabytes e executam software especial que permite a todas as máquinas trabalharem juntas em um único problema, muitas das vezes científico ou de engenharia

#### **Server farm**

Servidor Web de Internet

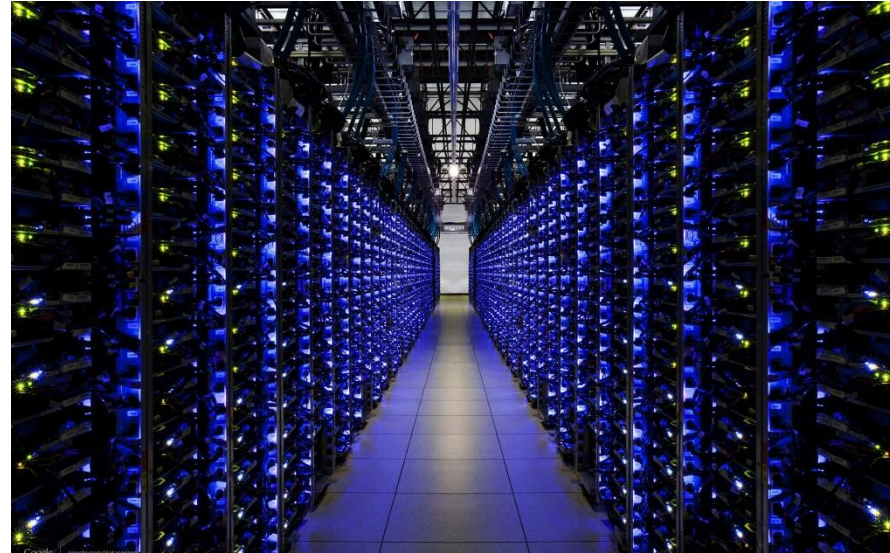
Um grupo de computadores servidores para executar tarefas que vão além da capacidade de uma só máquina corrente.

## 1.3.9 Mainframes

Na maioria não são muito mais rápidos do que servidores de grande potência, mas sempre tem mais capacidade de entrada e saída.

Caros, mas são mantidos em funcionamento por causa do enorme investimento em software.

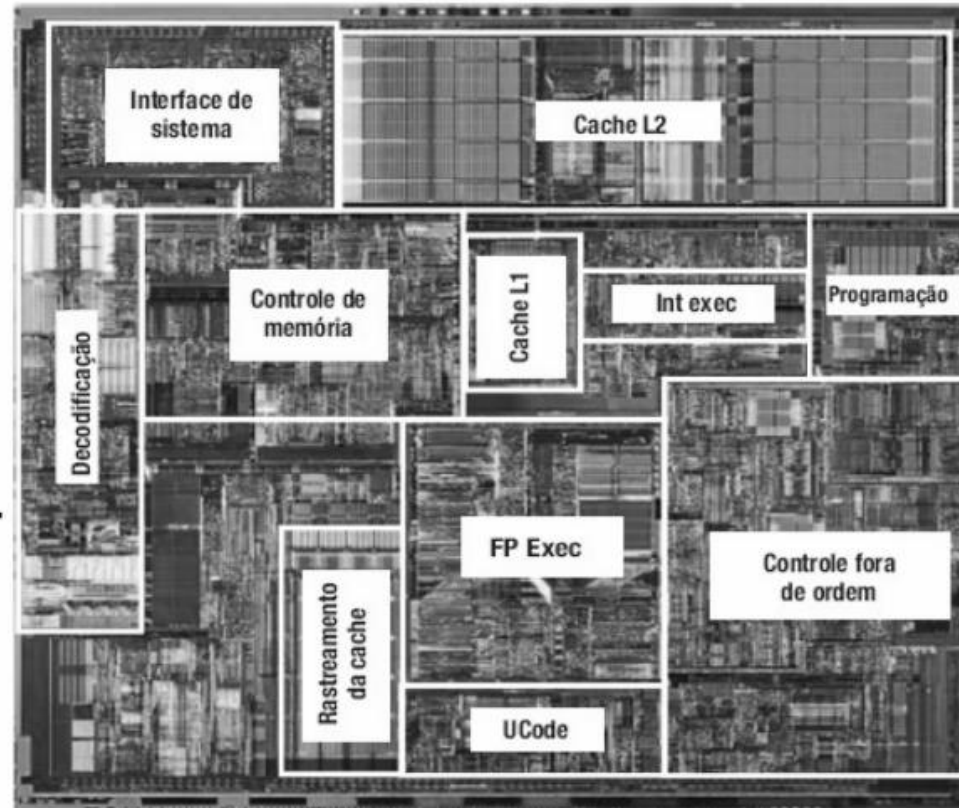
Poderosos servidores de Internet.



## 1.4.1 Famílias de Computadores

### Pentium (da palavra grega para 5)

Chip Pentium 4.  
Direitos de reprodução  
da Intel Corporation,  
2003, utilização  
permitida.



## 1.4.2 Introdução ao UltraSPARC III

Projetado para manipular imagens, vídeo e multimídia.

Instruções **VIS** (Visual Instruction Set): fornecer capacidade multimídia em geral.

Aplicações de primeira linha, tais como grandes servidores Web multiprocessadores com dezenas de CPUs e memórias físicas de até 8 TB.

## **1.4.3 Introdução ao 8051**

**Usado em sistemas embutidos**

**Facilidade de programação (assembly)**

**Memória somente leitura (exceção 8751 e 8752)**

**Motivos da popularidade:**

- **Preço**
- **Muitas empresas o fabricam sob licença da Intel**
- **Imensa quantidade de software**
- **Devido ao uso disseminado muitos pesquisadores interessados**

# 2 Organização de sistemas de computadores

**Objetivo:**

**Processador**

**Memórias**

**Dispositivos de E/S**

## 2.1 Processadores

### CPU (Unidade Central de Processamento)

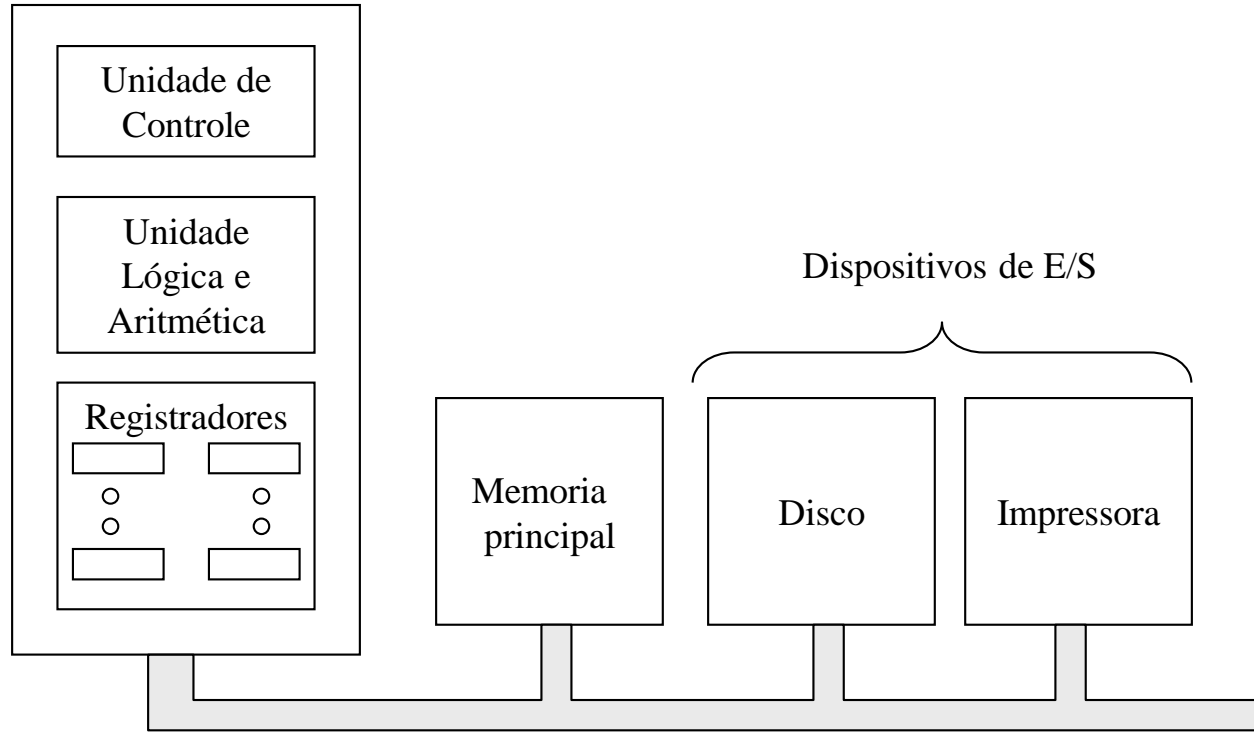
- É o “cérebro” do computador
- Desempenha um papel vital no funcionamento de um sistema de computação.





## 2.1 Processadores

### CPU



## 2.1 Processadores

### Registradores

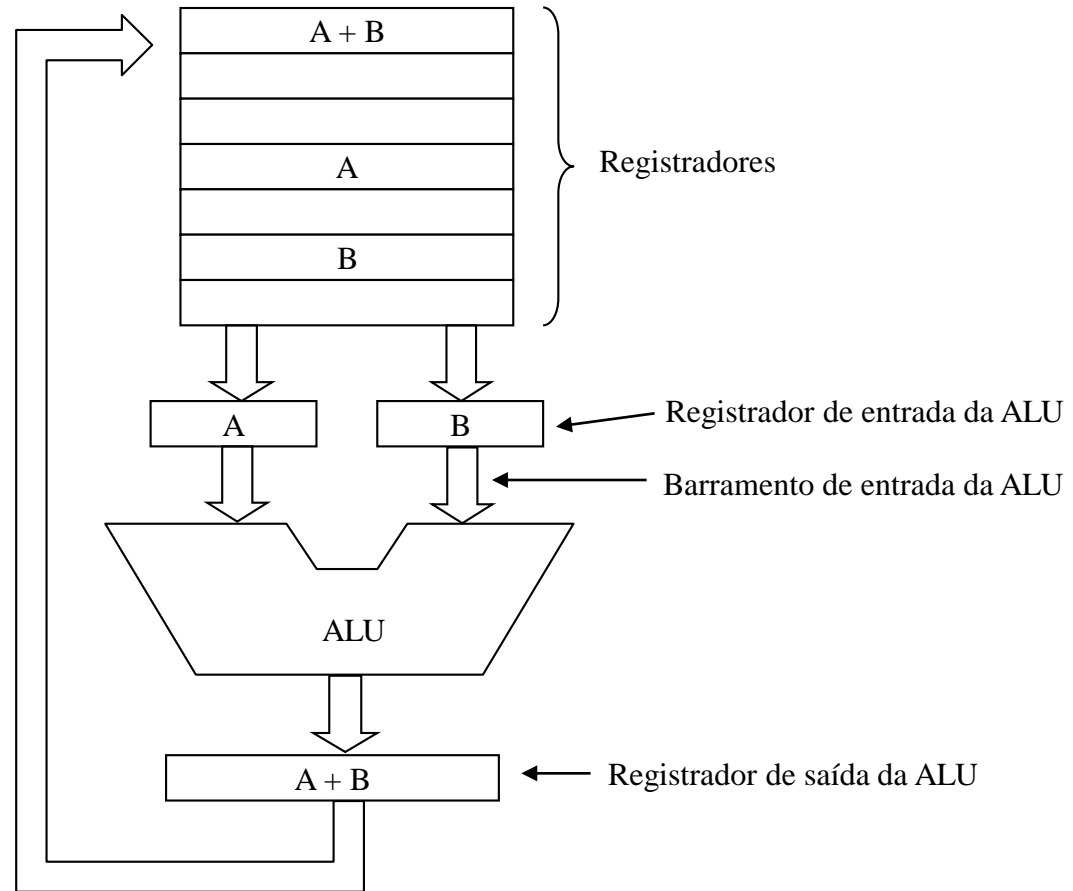
**Contador de programa (PC – Program Counter):** indica a próxima instrução a ser buscada e executada.

**Registrador de Instrução (IR – Instruction Register):** contém a instrução que está sendo executada no momento em questão

## 2.1.1 Organização da CPU

### CPU

**O Caminho de dados  
de uma típica máquina  
de Von Newman**



## 2.1.2 Organização da CPU

### Busca-decodifica-executa

1. Próxima instrução da memória até registrador
2. Altera contador para indicar a próxima instrução
3. Determinar a instrução trazida
4. Se instrução usa memória, determinar a posição
5. Trazer palavra para CPU, se necessário
6. Executar instrução
7. Voltar passo inicial, para a próxima instrução

“É um processo de Interpretação”

## 2.1.2 Organização da CPU

### Busca-decodifica-executa

Um programa pode ser executado fazendo com que outro programa busque, examine e execute suas instruções (**interpretador**).

Equivalência entre processadores de hardware e interpretadores:

- processador de hardware para executar em **L** diretamente
- escrever um interpretador para **L** (providenciar máquina de hardware)
- construções híbridas

## 2.1.2 Organização da CPU

### Arquitetura

**IBM** introduz o termo para descrever o nível de compatibilidade

### Interpretação

Permite que uma família de computadores tenham uma só arquitetura.

Essa família executa as mesmas instruções.

## 2.1.2 Organização da CPU

“Um projeto complexo de hardware se transformou num projeto complexo de software.”

Ninguém pensava em projetar máquinas mais simples, como hoje não há muita pesquisa de projetos de SO, redes, processadores de textos, etc. menos poderosos.

Exceto um grupo que se opôs a tendência!

## 2.1.3 RISC *versus* CISC

Em 1980, um grupo em Berkeley começa a projetar chips para CPUs **VLSI** (Very Large Scale Integration – integração em escala muito grande) que não usavam interpretação.

Surge o termo **RISC**.

Vantagem:

- Não eram compatíveis com os produtos existentes: projetistas tinham liberdade para escolher novos conjunto de instruções que maximizassem o desempenho total do sistema
- O tempo que uma instrução demorava importava menos do que quantas delas podiam ser iniciadas por segundo.



## 2.1.3 RISC *versus* CISC

**RISC:** Reduced Instruction Set Computer (computador com conjunto de instruções reduzidos)

**CISC:** Complex Instruction Set Computer (computador com conjunto de instruções complexo)

O que era de se esperar???

## 2.1.3 RISC *versus* CISC

Por questões de compatibilidade e dos bilhões de dólares de investimento em software para linha Intel.

Intel consegue empregar as mesmas ideias nas arquiteturas CISC. (A partir do 486 CPUs da Intel contém um núcleo RISC que executa instruções mais simples e interpreta instruções mais complicadas no modo CISC)

Resultado:

- instruções comuns rápidas
- instruções menos comuns lentas
- abordagem híbrida não é tão rápida quanto projeto RISC puro
- porém, resulta em desempenho global competitivo e ainda permite que softwares antigos sejam executados sem modificação.

## 2.1.4 Princípios de projeto para computadores modernos

### Uso de princípios do projeto **RISC**

- ❖ Instruções executadas diretamente por hardware
- ❖ Maximizar taxa de execução das instruções
  - Truques para maximizar desempenho: maior MIPS (Milhões de Instruções Por Segundo)
    - Paralelismo indicado
- ❖ Instruções fáceis de decodificar
  - Quanto menor número de formato de instrução melhor
- ❖ Só LOAD e STORE referencia a memória
- ❖ Ter mais registradores (no mínimo 32)
  - Acesso frequente a memória é lento

## 2.1.5 Paralelismo no nível de instrução

Paralelismo: fazer duas ou mais coisas ao mesmo tempo!

**Paralelismo no nível de instrução** ➡ paralelismo é explorado dentro de instruções individuais para obter da máquina mais instruções por segundo.

**Paralelismo no nível de processador** ➡ várias CPUs trabalham juntas no mesmo problema.

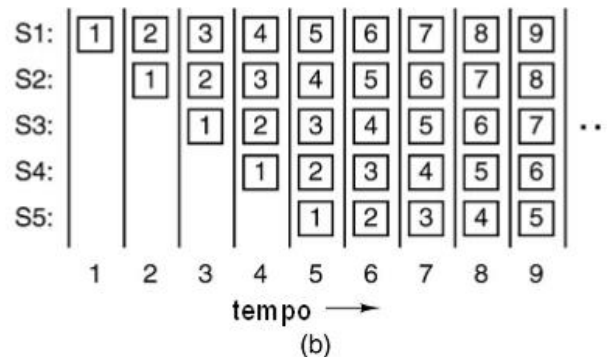
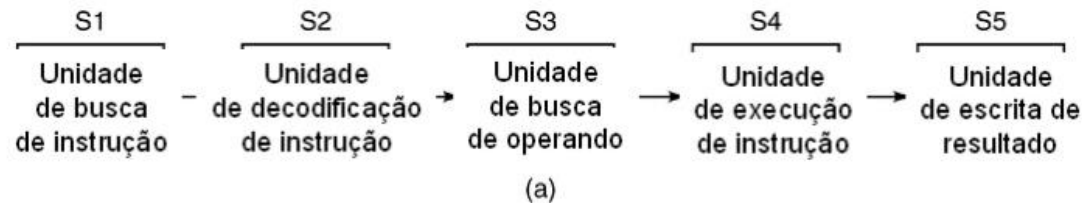
## 2.1.5 Paralelismo no nível de instrução

### Busca Antecipada (desde o IBM Stretch 1959)

- Capacidade de buscar instruções na memória antecipadamente
- Eram armazenadas em um conjunto de registradores denominado **buffer de busca antecipada**
- Divide a execução da instrução em duas partes: **busca e execução**

## 2.1.5 Pipelining (paralelismo)

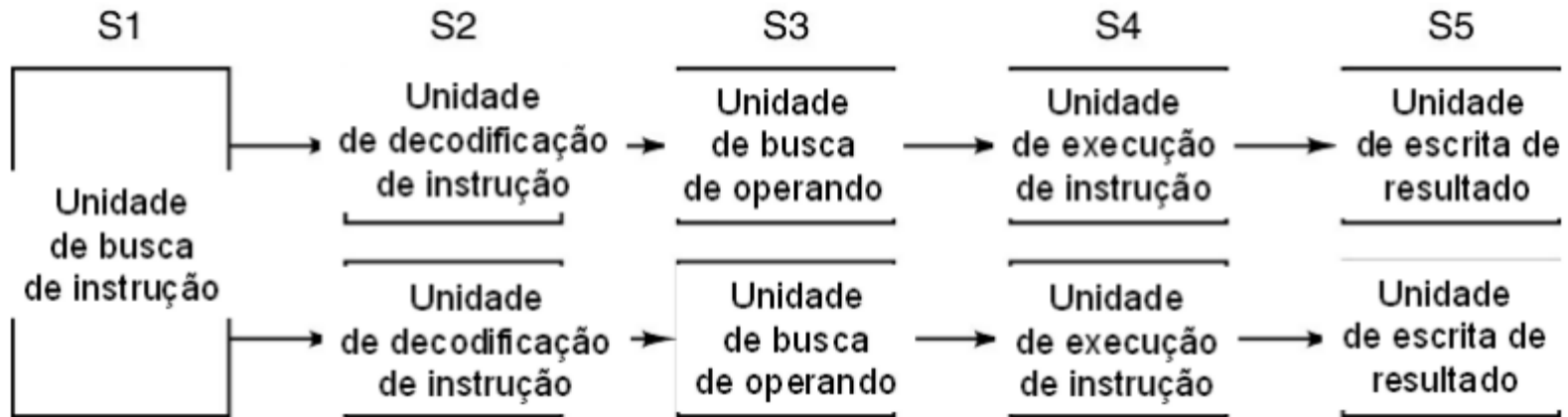
- ❑ Uma instrução dividida em varias partes
- ❑ Cada parte executado, por hardware dedicado, em forma paralelo
- ❑ Latência: tempo demorada na execução de uma instrução
- ❑ Largura de banda do processador: MIPS



## 2.1.5 Arquitetura superescalares

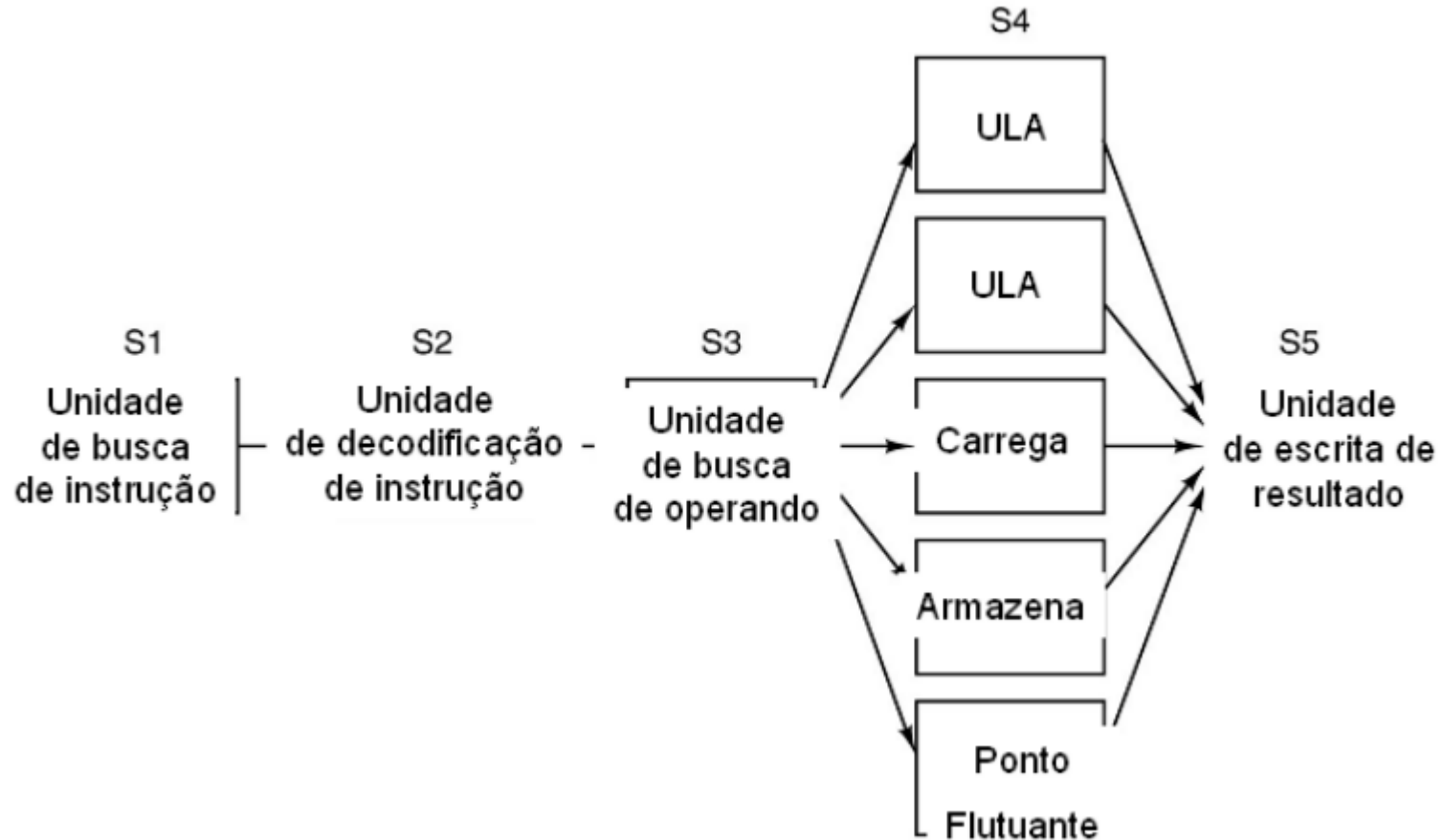
Pipeline > 1 é melhor (Pentium original, RISC)

- Não devem ter conflito na utilização de recurso (ex. registradores)
- Nenhuma deve depender do resultado da outra



## 2.1.5 Arquitetura superescalares

Um único pipeline, mas lhe dar várias unidades funcionais





## 2.1.6 Paralelismo no nível de processador

**Computadores Matriciais:** conjunto de processadores efetuando a mesma sequência de instruções em diferentes conjuntos de dados

- Processador **SIMD** (Fluxo único de instruções e fluxo múltiplo de dados).

**Multiprocessadores:** sistema com várias CPUs que compartilham uma memória comum.

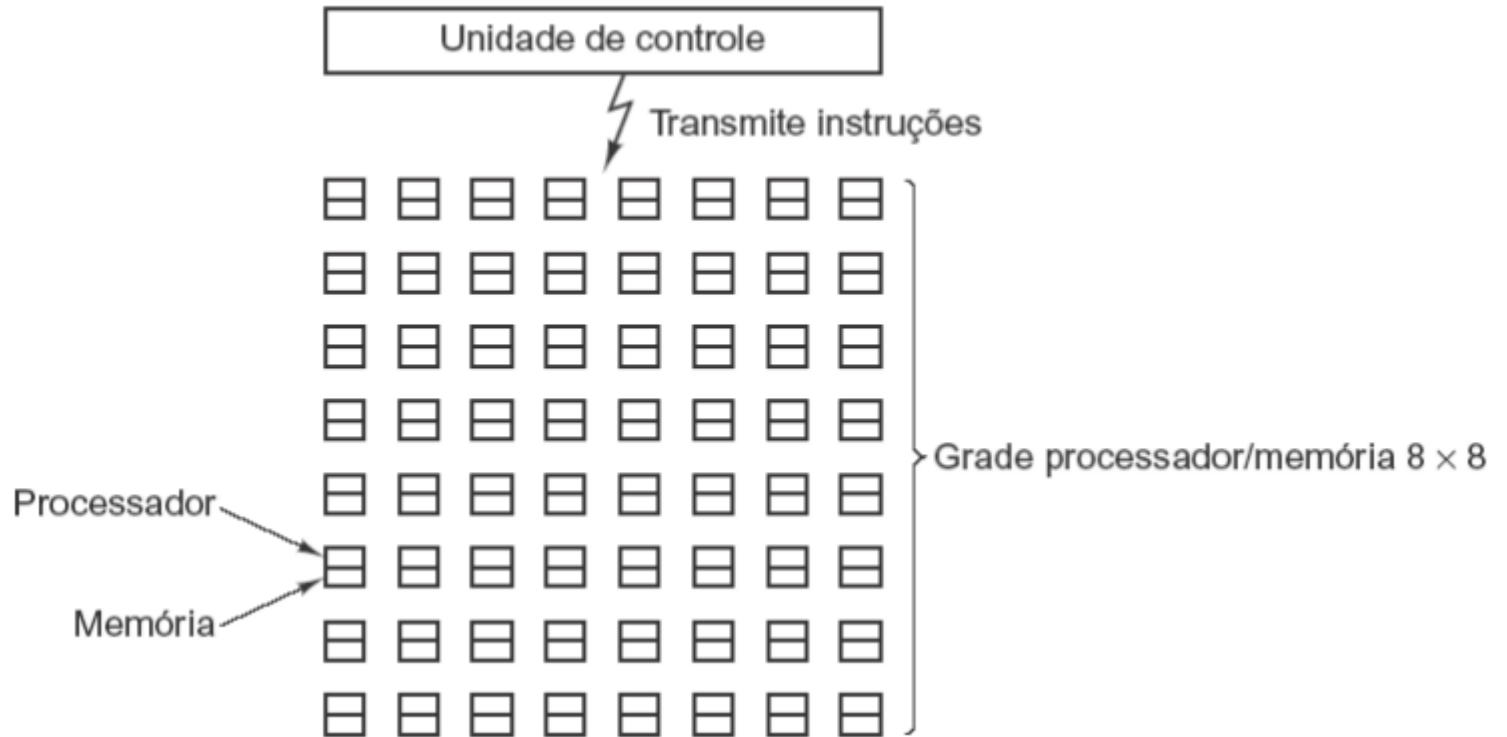
- Fácil trabalhar com o modelo de programação de uma única memória compartilhada.
- Fortemente acoplados

**Multicomputadores:** Vários computadores interconectados que interagem.

- Cada um com sua memória privada, mas nenhuma memória em comum
- Fracamente acoplados

## 2.1.6 Paralelismo no nível de processador

### Computadores Matriciais



## 2.1.6 Paralelismo no nível de processador

### Multiprocessadores

