



# ***INTRODUÇÃO À ARQUITETURA DE COMPUTADORES***

**INE5602 INTRODUÇÃO À INFORMÁTICA**



# Introdução à Arquitetura de Computadores

## ■ Computador

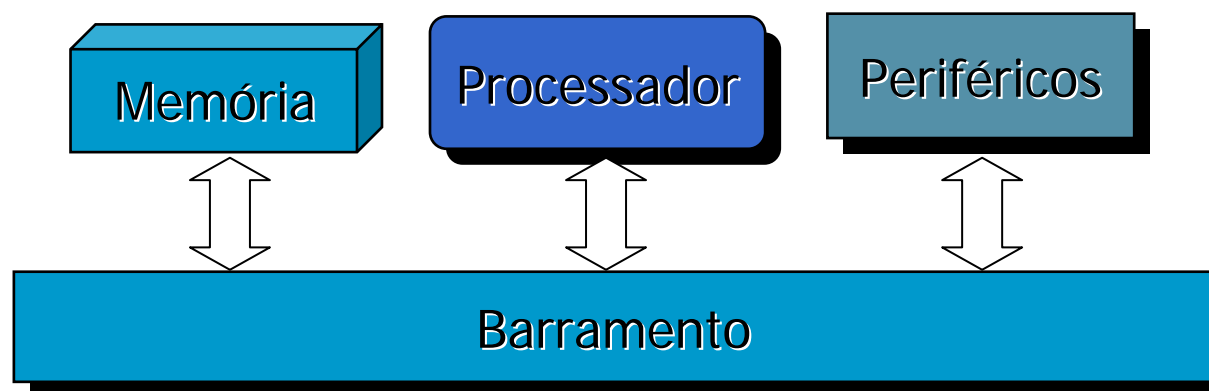
- **Pode ser caracterizado por uma série de parâmetros:**
  - a CPU adotada,
  - a capacidade de memória,
  - a capacidade do disco rígido,
  - a existência de memória cache,
  - e outros menos conhecidos

## ■ Arquitetura de computadores

- Definida por estes parâmetros e a forma como os componentes de um computador são organizados,
- Vai determinar aspectos relacionados ao desempenho e a aplicação para a qual o computador vai ser orientado

# Componentes básicos de um computador

- **Existem diversas arquiteturas de computador**
  - **Existem sempre elementos em comum:**
    - componentes básicos desta classe de equipamento



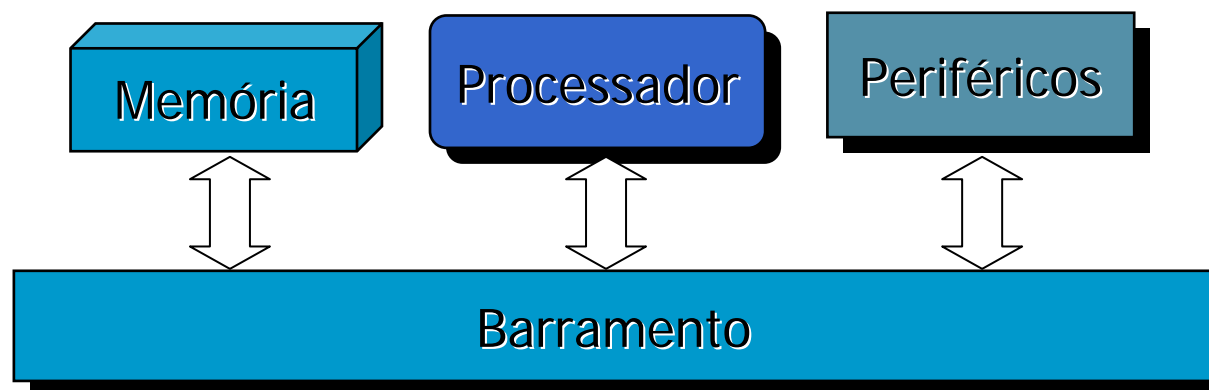
# Componentes básicos de um computador

## ■ Processador (ou microprocessador)

- responsável pelo tratamento de informações armazenadas em memória (programas em código de máquina e dos dados)

## ■ Memória

- responsável pela armazenagem dos programas e dos dados





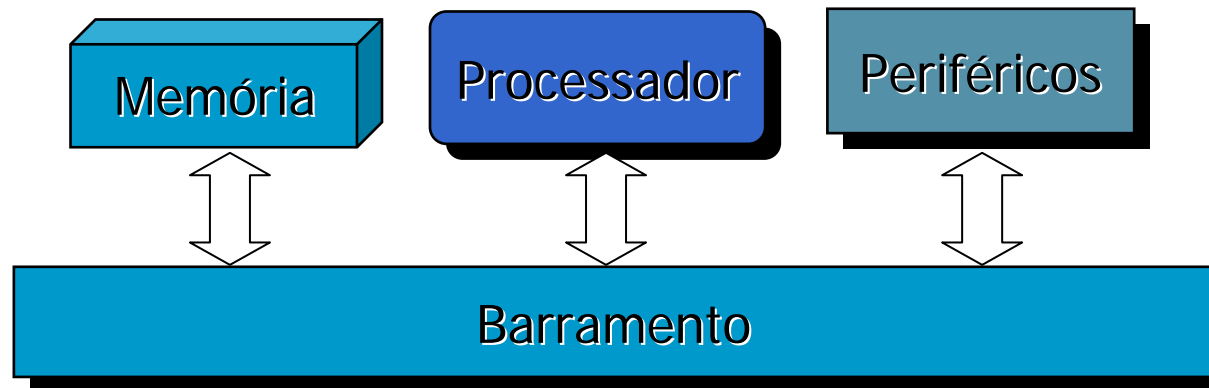
# Componentes básicos de um computador

## ■ Periféricos

- dispositivos responsáveis pelas entradas e saídas de dados
  - pelas interações entre o computador e o mundo externo
- Exemplos: monitor, teclados, mouses e impressoras

## ■ Barramento

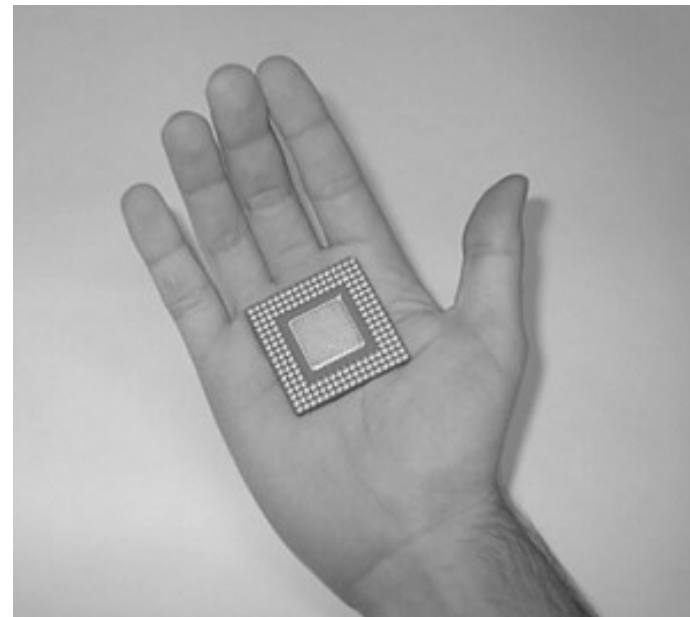
- liga todos estes componentes
- uma via de comunicação de alto desempenho por onde circulam os dados tratados pelo computador



# Processador ou Microprocessador

## ■ Definição

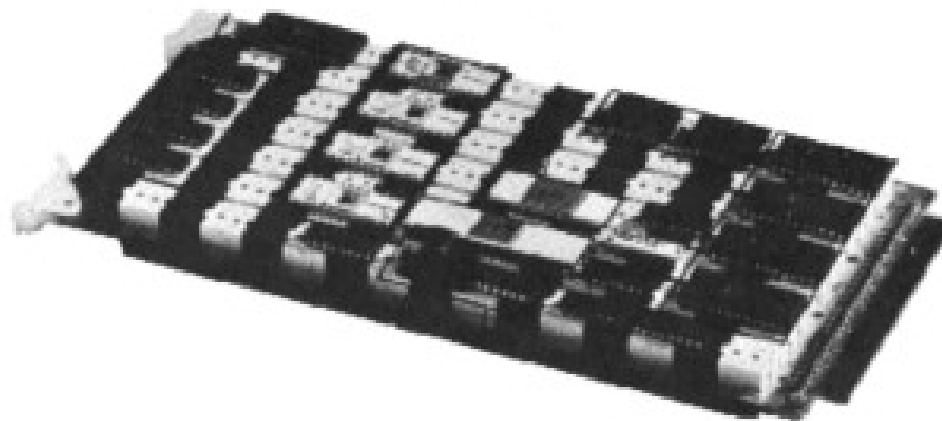
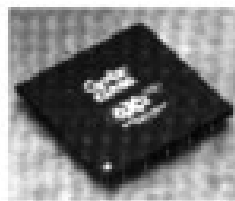
- Circuito integrado (chip)
- Considerado o "cérebro" do computador
  - executa os programas, faz os cálculos e toma as decisões
  - de acordo com as instruções armazenadas na memória





# Processador ou Microprocessador

- Formam uma parte importantíssima do computador
  - chamada de CPU (Unidade Central de Processamento)
- Antes da existência dos microprocessadores
  - CPUs dos computadores eram formadas por um grande número de chips
    - distribuídos ao longo de uma ou diversas placas
    - microprocessador contém uma CPU inteira





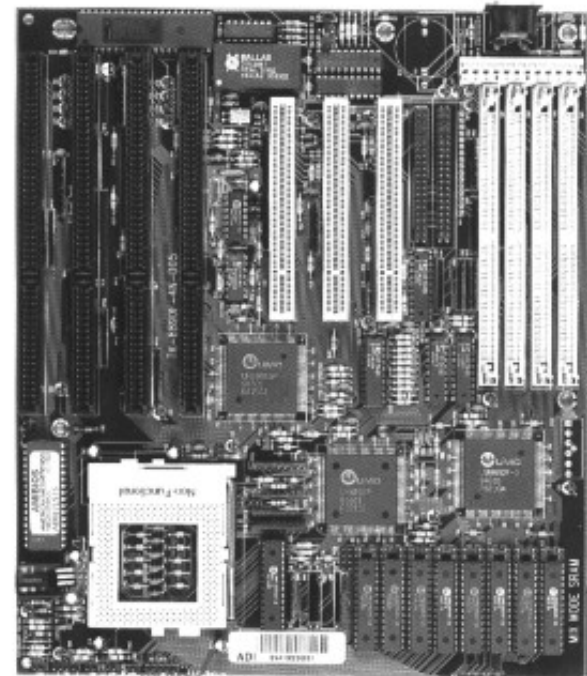
# Processador ou Microprocessador

## ■ Placa Mãe

- Contém os principais elementos do computador
- Liga um processador a alguns chips de memória e alguns outros chips auxiliares (chip set)

## ■ Tarefas básicas realizadas

- Busca e executa as instruções existentes na memória
  - programas e os dados que ficam gravados no disco (rígido ou disquetes), são transferidos para a memória
- Comanda todos os outros chips do computador





# Processador ou Microprocessador

## ■ Composição da CPU

- unidade de controle,
- unidade lógica e aritmética,
- e registradores





# Unidade Lógica e Aritmética

## ■ Objetivo da Unidade Lógica e Aritmética (ALU)

- Assume todas as tarefas relacionadas às operações lógicas (ou, e, negação, etc.) e aritméticas (adições, subtrações, etc...) a serem realizadas no contexto de uma tarefa

## ■ Parâmetros que influenciam no desempenho global de um sistema

- **Tamanho de palavra processada pela unidade lógica e aritmética**
  - tamanho de palavra é dado em números de bits
  - quanto maior o tamanho da palavra manipulada pelo microprocessador, maior é o seu potencial de cálculo e maior a precisão das operações realizadas
- **Velocidade de cálculo**
  - determinante para o tempo de resposta de um sistema computacional com respeito à execução de uma dada aplicação
  - está diretamente relacionada com a **freqüência do relógio** que pilota o circuito da CPU como um todo



## Unidade Lógica e Aritmética

### ■ Parâmetros que influenciam no desempenho global de um sistema

#### – Quantidade de operações que ela suporta

- primeiros processadores suportavam um conjunto relativamente modesto de operações lógicas e aritméticas
  - operações aritméticas: suportavam apenas adição e subtração
    - » sendo que as demais operações tinham de ser implementadas através de seqüências destas operações básicas
- processadores suportando um conjunto mais complexo de instruções surgiram de 15 anos para cá
  - graças à adoção da tecnologia CISC (*Complex Instruction Set Computer*)

# Unidade Lógica e Aritmética

## ■ Família Intel

Nome	Ano	Clock (MHz)	Registros (bits)	N. de Transistores
4004	1971	0,108	4	2.300
8008	1972	0,108	8	3.500
8080	1974	2	8	6.000
8086	1978	5-10	16	29.000
8088	1980	5-8	16	29.000

- **sociedade Intel fundada em 1968**
  - iniciou a fabricação de memórias para computadores
  - até que uma empresa lançou o desafio de construir uma unidade central de processamento (CPU), num único circuito para uma calculadora eletrônica
    - foi desenvolvida a CPU 4004 de 4 bits, e logo depois o 8008
    - primeiras CPUs integradas num único chip

# Unidade Lógica e Aritmética

## ■ Família Intel

Nome	Ano	Clock (MHz)	Registros (bits)	N. de Transistores
4004	1971	0,108	4	2.300
8008	1972	0,108	8	3.500
8080	1974	2	8	6.000
8086	1978	5-10	16	29.000
8088	1980	5-8	16	29.000

- **8080 provocou uma revolução no que diz respeito à indústria dos computadores**
  - primeiro microprocessador a ser usado em larga escala nos chamados "computadores pessoais"
  - popularizou o uso de microcomputadores por pequenas empresas e até para uso pessoal



# Unidade Lógica e Aritmética

## ■ Família Intel

Nome	Ano	Clock (MHz)	Registros (bits)	N. de Transistores
4004	1971	0,108	4	2.300
8008	1972	0,108	8	3.500
8080	1974	2	8	6.000
8086	1978	5-10	16	29.000
8088	1980	5-8	16	29.000

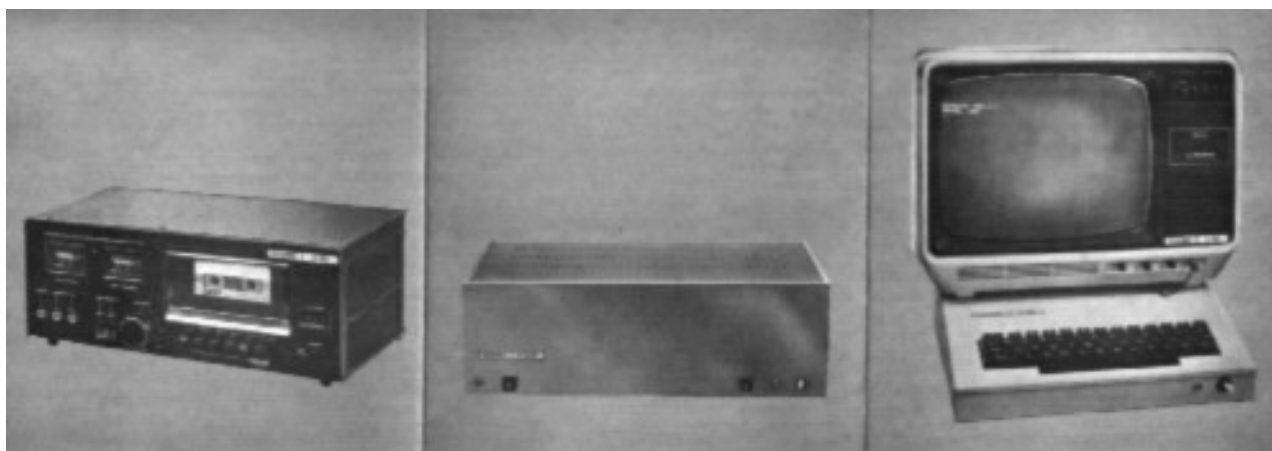
### – 8085

- compõe um dos primeiros microcomputadores brasileiros, o SCHUMEC M-101/85, lançado em 1981

## Unidade Lógica e Aritmética

### ■ SCHUMEC M-101/85

- Lançado em 1981
- Tinha um microprocessador INTEL 8085 de 6 MHz, 16 KB de memória e um gravador de fita K-7 para armazenamento de programas e dados
- Seu monitor de vídeo era uma TV PHILIPS adaptada



# Unidade Lógica e Aritmética

## ■ Família Intel

Nome	Ano	Clock (MHz)	Registros (bits)	N. de Transistores
4004	1971	0,108	4	2.300
8008	1972	0,108	8	3.500
8080	1974	2	8	6.000
8086	1978	5-10	16	29.000
8088	1980	5-8	16	29.000

### – 8086/8088

- Primeiros processadores de 16 bits
- 8088 foi escolhido para compor o IBM-PC

# Unidade Lógica e Aritmética

## ■ Família Intel

Nome	Ano	Clock (MHz)	Registros (bits)	N. de Transistores
80286	1982	8-12	16	134.000
80386DX	1985	16-33	32	275.000
80386SX	1988	16-20	32	275.000
80486 DX	1989	25-50	32	1.200.000
80486 SX	1989	16-33	32	1.185.000

# Unidade Lógica e Aritmética

## ■ Família Intel

Nome	Ano	Clock (MHz)	Registros (bits)	N. de Transistores
Pentium	1993	60-166	32	3.100.000
Pentium Pro	1995	150-200	32	5.500.000
Pentium II	1997	233-450	32	7.500.000
Pentium II Xeon	1998	400-450	32	7.500.000
Pentium III	1999	650-1300	32	9.500.000
Pentium III Xeon	1999	700-900	32	9.500.000
Pentium 4	2000	1300-2200	32	42.000.000
Intel Xeon	2001	1400-2200	32	42.000.000
Intel Itanium	2001		64	25.400.000





## Unidade de Controle (UC)

### ■ Objetivo

- **Componente mais importante no computador**
- **Assume toda a tarefa de controle das ações a serem realizadas pelo computador**
  - comandando todos os demais componentes
- **Elemento que garante a correta execução dos programas e a utilização dos dados corretos nas operações**
- **Gerencia todos os eventos associados à operação do computador**
  - chamadas interrupções



# Registradores

## ■ Memória interna a CPU

- Memória de alta velocidade que permite o armazenamento de valores intermediários ou informações de comando
- Esta memória é composta de **registradores** (ou registros)
  - cada qual com uma função própria

## ■ Registros

- Geralmente numerosos, são utilizados para assegurar o armazenamento temporário de informações importantes para o processamento de uma dada instrução

## ■ Diferença entre registro e memória externa

- Registros se localizam no interior de um microprocessador, enquanto a memória é externa a este
- Um registro memoriza um número limitado de bits, geralmente uma palavra de memória



## Registradores

### ■ Registros mais importantes

- **Contador de programa (PC - Program Counter)**
  - que aponta para a próxima instrução a executar
- **Registro de instrução (IR - Instruction Register)**
  - armazena a instrução em execução
- **Outros registros que permitem o armazenamento de resultados intermediários**



# Clock

## ■ Definição

- É um circuito oscilador que tem a função de sincronizar e ditar a medida de velocidade de transferência de dados no computador
  - Exemplo: entre o processador e a memória principal
  - Frequência é medida em ciclos por segundo (Hertz)

## ■ Tipos de clock

- **Frequência própria do processador**
  - comandando operações internas do processador
  - P.ex. Pentium II 266 MHz
- **Frequência de acesso a memória**
  - basicamente ciclos CPU-Memória principal
  - P.ex. no Pentium II 266 MHz é de 66 MHz



## Clock

- **Pentium-100, Pentium MMX-233, Pentium II-300**
  - acessam a memória principal a 66 MHz
  - frequências 100, 233 e 300 MHz são atingidas no interior do chip
    - Dizem respeito ao processamento interno do processador e não à frequência na relação CPU-Memória do computador.
- **Pentium II-350 e superiores**
  - Barramento do sistema é de 100 ou 133 MHz
- **Pentium 4**
  - Barramento do sistema é de 400 ou 533 MHz





## Processadores CISC e RISC

### ■ Instruções de Programa e de micro-instruções

- Uma instrução em um programa de alto nível é implementado por diversas instrução de processador a mais baixo nível
  - uma instrução de um programa que imprime um conjunto de caracteres na tela é realizado a nível de processador por um conjunto de instruções

### ■ Classificação quanto ao número de instruções suportadas

- RISC (Reduced Instruction Set Computing)
- CISC (Complex Instruction Set Computing).

# Processadores CISC e RISC

## ■ Processadores CISC

- **Maioria dos microprocessadores são CISC**
- **Suporta um conjunto maior de instruções**
  - sendo cada instrução mais especializada
  - pode executar, de modo direto, a maioria das operações programadas pelos programas de alto nível
- **Número de instruções de processador são menores para implementar uma instrução de alto nível**
- **Instrução são mais lentas (pois são mais complexas)**



# Processadores CISC e RISC

## ■ Processadores RISC

- **Implementa um número limitado de instrução**
  - são otimizadas para que sejam executadas com mais rapidez
- **Instruções não implementadas diretamente são realizadas por uma combinação de instruções existentes**
- **Um programa é implementado por um número maior de instruções.**
- **PowerPC**
  - Desenvolvido pela Apple, Motorola e a IBM
  - Maior poder de processamento que o Pentium





# Memória

- **Todo computador é dotado de uma quantidade de memória**
  - que pode variar de máquina para máquina
  - se constitui de um conjunto de circuitos capazes de armazenar os dados e os programas a serem executados pela máquina
- **Categorias de memória**
  - **Memória principal (memória de trabalho)**
    - onde devem estar armazenados os programas e dados a serem manipulados pelo processador
  - **Memória secundária**
    - permitem armazenar uma maior quantidade de dados e instruções por um período de tempo mais longo (p.e., disco rígido, fitas magnéticas)
  - **Memória cache**
    - constitui de uma pequena porção de memória com curto tempo de resposta
    - normalmente integrada aos processadores
    - permite incrementar o desempenho durante a execução de um programa.



# Memória

## ■ Constituição

- Circuitos de memória são normalmente subdivididos em pequenas unidades de armazenamento
  - geralmente um byte
- Cada unidade é identificada no circuito por um endereço único
  - que vai ser referenciado pelo processador no momento de consultar ou alterar o seu conteúdo
  - Por exemplo, no caso do processador 8088 nós temos um espaço de endereçamento de 1 Mbytes
    - então este endereço único vai de 0 a FFFFF

## ■ Quantidades de Memória

- Definidas em termos de
  - Kbytes (quilobytes) correspondem a 1024 bytes ou ( $2^{10}$  bytes)
  - MBytes (megabytes) correspondem a 1024 KBytes ou ( $2^{20}$  bytes)
  - Gbytes (gigabytes) correspondem a 1024 Mbytes ou ( $2^{30}$  bytes)

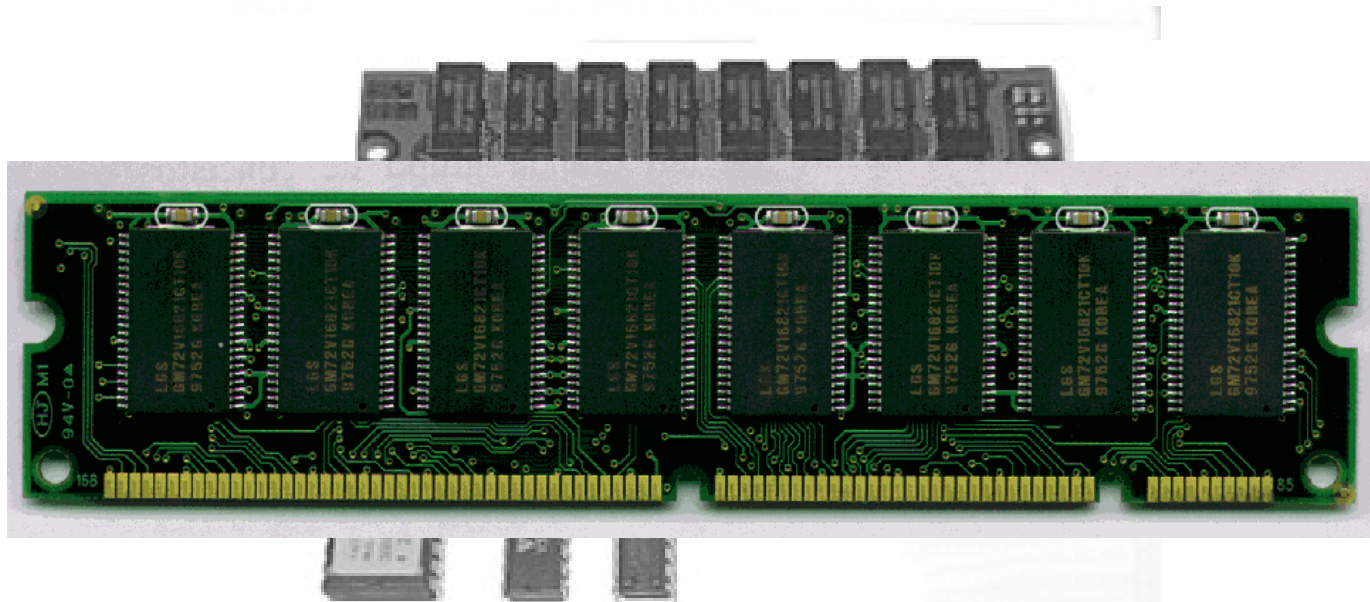


# Memória Principal

## ■ Objetivo

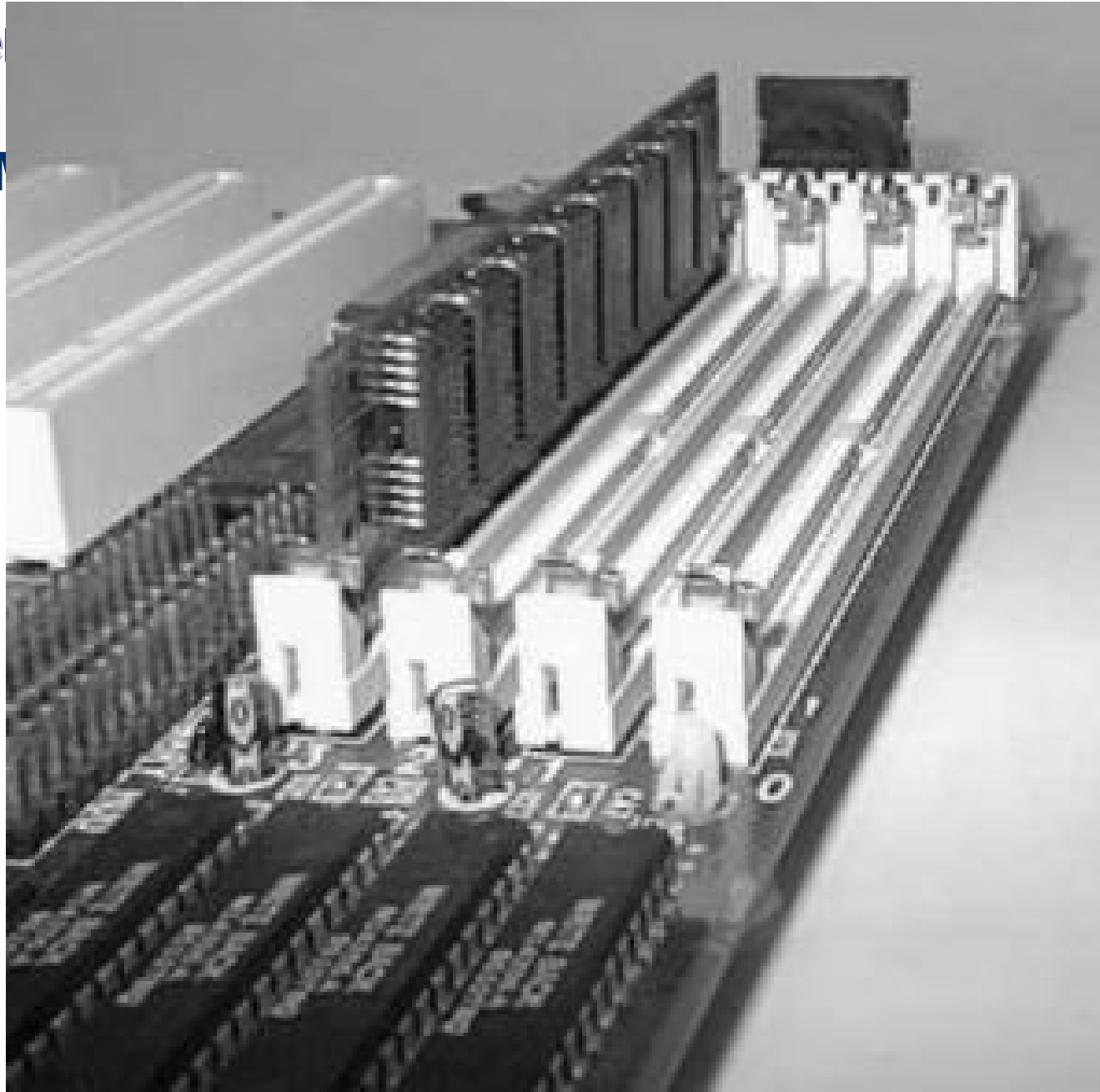
- Armazenamento de programas e dados a serem manipulados pelo processador
- Memória que se referencia na especificação de um microcomputador
  - PC Pentium 4 2.53 GHz com 32/64/128/256... Mbytes de memória

## ■ Uma placa que se coloca na placa mãe





Me





## Tipos de memória

### ■ RAM (memória de leitura e escrita)

- Chips de memória que podem ser lidos e gravados pela CPU a qualquer instante
- Usados pela CPU para
  - armazenar e executar programas vindos do disco
  - ler e gravar os dados que estão sendo processados
- **É uma memória volátil**
  - quando o computador é desligado, todos os seus dados são apagados
  - é necessário que os programas e dados fiquem gravados no disco, que é uma memória permanente
- **Tipos de RAM**
  - existem vários tipos de RAM com diversas características e para diversas aplicações
    - DRAM (dinâmica) e a SRAM (estática) e suas evoluções



## Tipos de memória

### ■ Memórias não voláteis

- São chips de memória que podem ser lidos pela CPU a qualquer instante
- BIOS (Sistema Básico de Entrada e Saída)
  - Programa armazenado em memória não volátil nos PCs
  - Realizar a "partida" do computador
    - realiza a contagem de memória
    - faz uma rápida checagem do funcionamento do computador
    - realiza a carga do Sistema Operacional
- Tipos de memórias não voláteis
  - ROM
  - PROM
  - EPROM
  - EEPROM



## Tipos de memória não voláteis

### ■ ROM

- **São chips de memória que podem ser lidos pela CPU a qualquer instante**
  - mas não podem ser gravados pela CPU
- **Sua gravação é feita apenas pelo fabricante do computador, ou pelo fabricante de memórias**
  - dados armazenados nela já saem prontos de fábrica e são produzidas em larga escala na indústria
- **É uma memória permanente**
  - seu conteúdo nunca é perdido, mesmo com o computador desligado
- **Usada para armazenar programas estáticos (que não alteram)**
  - foi usado para armazenar o BIOS, que se localiza na placa-mãe





## Tipos de memória não voláteis

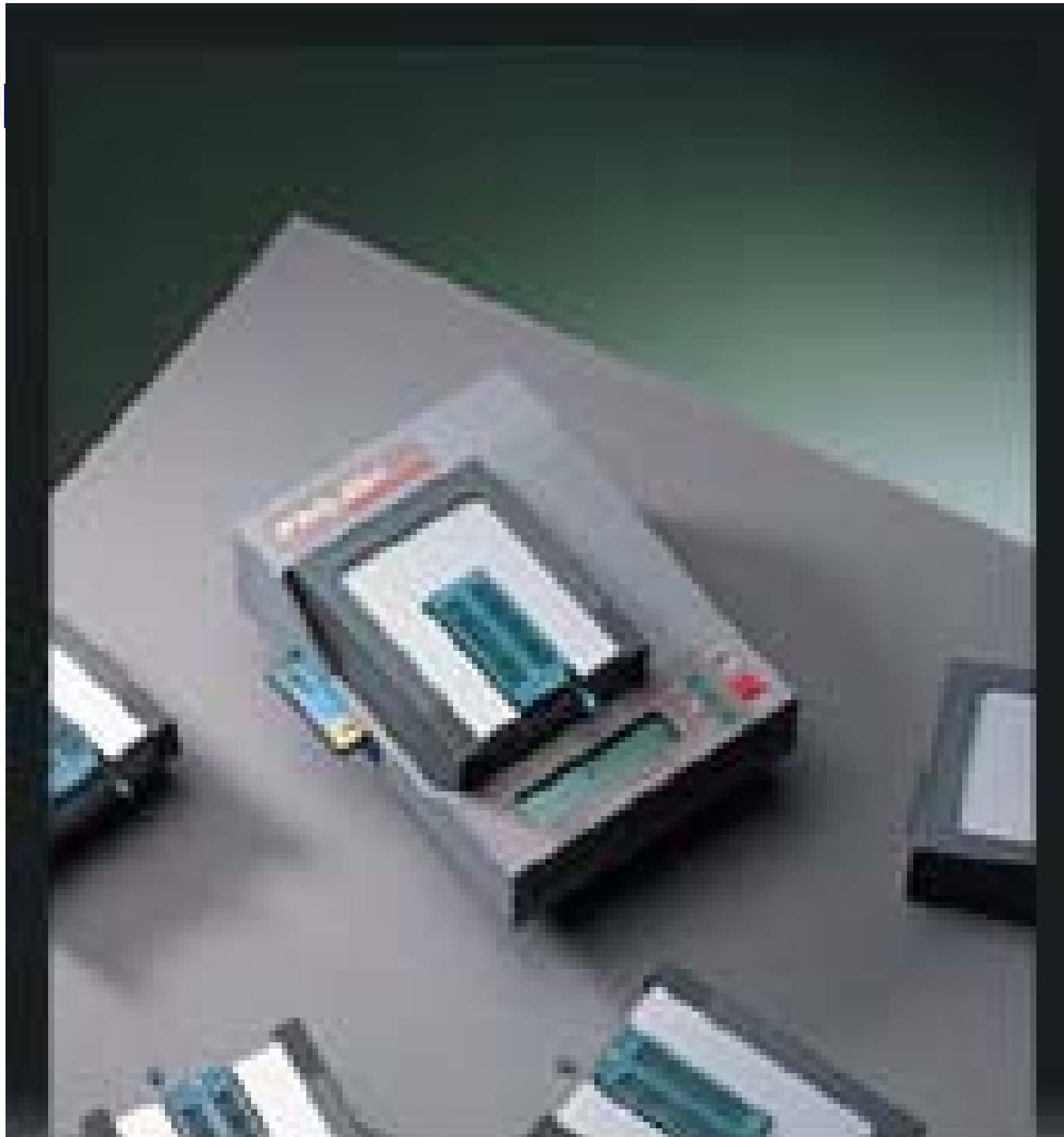
### ■ PROM (Programmable ROM)

- Espécie de ROM que é produzida apagada
- Fabricante pode programá-las
  - gravar seu programa
- Gravação
  - pode ser feita apenas um vez
  - utiliza um processo irreversível
    - usa-se o termo queimar a PROM quando se grava nesta memória





Ti



dos  
lo

potência  
s raios  
amento  
o que

placa-



## Tipos de memória não voláteis

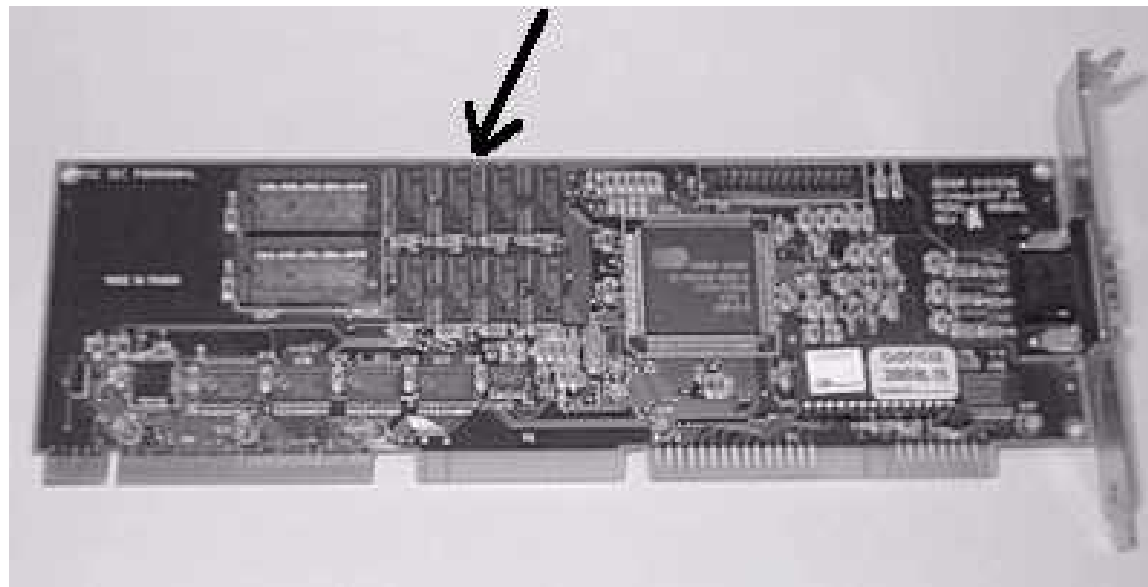
### ■ EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)

- **Tipo de memória não volátil mais flexível**
  - que pode ser apagada/regravada sob o controle de software
- **Tipo que se usa para armazenar as BIOS atuais**
  - usuário pode realizar atualizações no BIOS
    - fornecidas pelo fabricante da placa de CPU
  - quando se ouve falar em “flash BIOS” ou “fazendo um upgrade de BIOS”
    - se refere a reprogramação do BIOS EEPROM com um programa de software especial

# Memória fora da placa mãe

## ■ Nos PCs

- **Quase toda a memória principal fica localizada na placa mãe**
  - Mas algumas outras placas, chamadas de placas de expansão, também podem conter mais memória
- **Exemplo**
  - as placas de vídeo contêm uma ROM com o seu próprio BIOS e uma RAM chamada de memória de vídeo, que armazena os caracteres e gráficos que são mostrados na tela.



# Tecnologias de memória RAM

## ■ SRAM (Static RAM) e DRAM (Dinamic RAM)

- SRAM é um tipo de RAM que mantém seus dados sem uma reatualização externa (refresh)
  - na medida que seus circuitos são alimentados continuamente
    - cada bit é alimentado continuamente
- DRAM necessita de pulsos de 15ns para manter seu conteúdo
  - de forma que a energia não fique o tempo todo abastecendo os chip
    - esse pulso periódico é o refresh

## ■ Velocidade de Memória

- Toda a memória RAM é mais lenta ou mais rápida de acordo com o tempo de acesso medido em nano-segundos
  - DRAMs são de 6 a 150ns (depende do tipo de tecnologia)
  - SRAM são de até 15ns



# Tecnologias de memória RAM

## ■ SRAM (Static RAM)

- **Tem um custo por byte muitas vezes maior que as DRAM**
- **No DRAM**
  - cada bit da necessita de um transistor e de um capacitor
    - que quando energizado mantém a carga elétrica se o bit contém um “1” ou sem carga se ele contém um 0”
- **SRAM**
  - não necessita de refresh
    - como se a corrente elétrica estivesse o tempo todo ligada a ela
    - por meio de interruptores que acionam e fecham a memória
  - desvantagem é o seu tamanho
    - requer seis transistores para cada bit
- **Vantagem**
  - tempo de acesso é menor
- **Em termos de desempenho as SRAM são melhores que DRAM**
  - única coisa que proíbe o uso generalizado da memória SRAM é seu custo
  - são usadas basicamente para compor a memória cache



# Tecnologias de memória RAM

## ■ Memórias DRAM

- **Tipo de memória RAM que apenas mantém os dados se eles são continuamente reforçados (refresh)**
  - ação de leitura também refresca os conteúdos da memória
  - se não for feito regularmente, a DRAM perderá seus conteúdos
    - mesmo se a alimentação for mantida.
  - ação de refrescamento é que dá o nome a memória de dinâmica.
- **Todos os PCs usam DRAM para constituir sua memória de sistema**
  - elas são mais baratas e tomam menos espaço
    - tipicamente  $\frac{1}{4}$  da área de silício das SRAMs ou menos
- **Tecnologias DRAM**
  - Existem várias espécies de tecnologias de DRAM e as velocidades que elas fornecem são diferentes





# Tecnologias de memória RAM

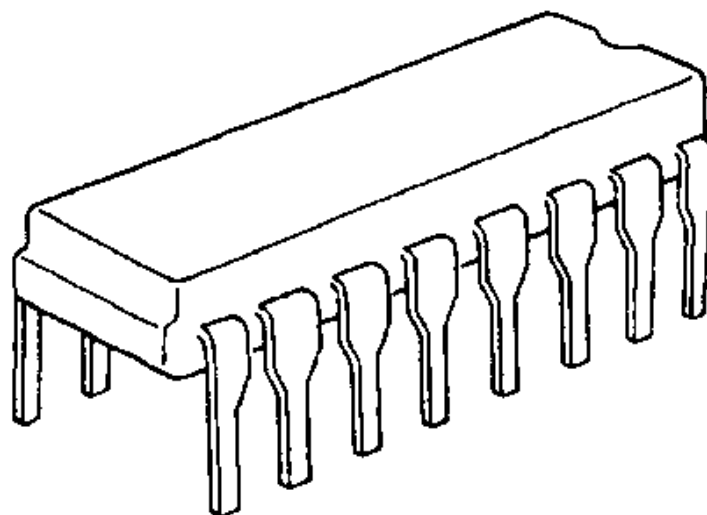
## ■ Memórias DRAM

- Os chips de DRAM diferenciam nos seguintes aspectos:
  - tamanho de cada célula na memória
    - número de bits que cada célula armazena
    - existem chips de memória com 1, 4, 8, 9, 32 ou 36 bits
  - número de células na memória
    - relacionado com a capacidade de armazenamento
      - » existindo chips com 8KB a 16MB de células de memória
  - tempo de acesso
  - encapsulamento

# Tecnologias de memória RAM

## ■ Encapsulamento de memórias DRAM

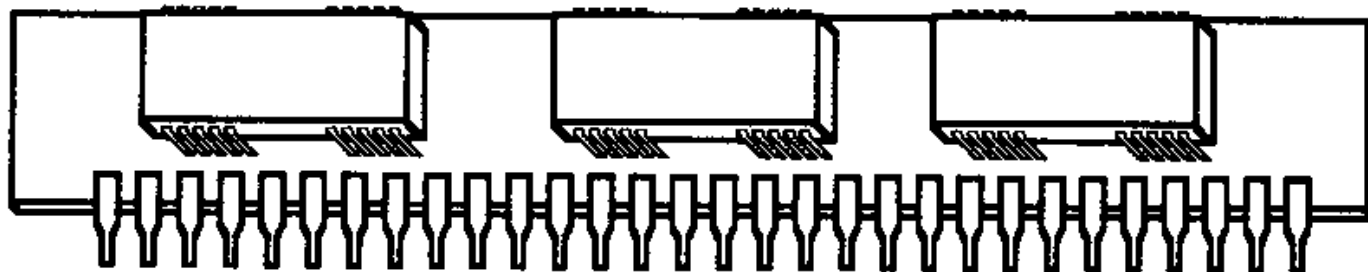
- Encapsulamento DIP (Dual In-Line Package)
  - até o final dos anos 80
  - tinha que ser encaixada na placa-mãe
  - Usadas até hoje nas placas adaptadoras (de vídeo e de rede)



# Tecnologias de memória RAM

## ■ Encapsulamento de memórias DRAM

- Encapsulamento SIPP (Single In-Line Pin package)
  - surgiu o que é chamado módulos de memória
    - vários chips de DRAM numa fileira de terminais que se encaixavam num soquete
  - tipo de encapsulamento bastante usado até o início dos anos 90



# Tecnologias de memória RAM

## ■ Encapsulamento de memórias DRAM

### – Encapsulamento SIMM (Single In-Line Memory Module)

- Surgiu em 1992
- Eletricamente igual aos SIPP
- Forma de seus contatos para afixação na placa-mãe são diferentes
  - SIPP possui perninhas e o SIMM contatos na borda inferior

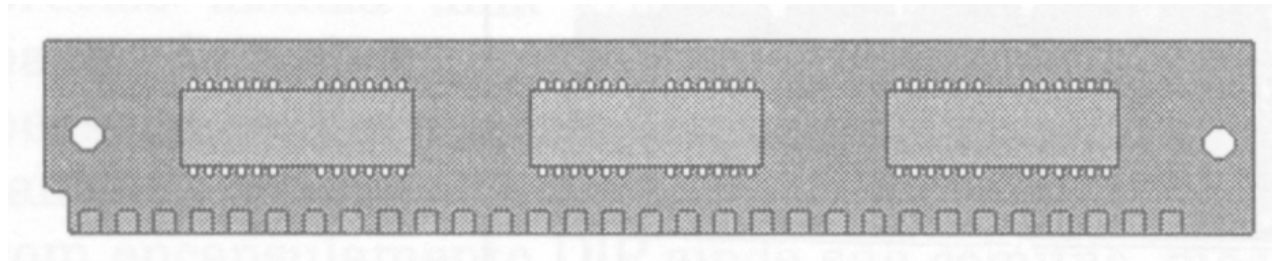


# Tecnologias de memória RAM

## ■ Encapsulamento SIMM (Single In-Line Memory Module)

### – Entre 1992 e 1994

- usou-se muito os módulos de memória SIMM pequenos, de 30 pinos
- operavam com 8 bits cada um
  - necessitando serem usados em grupos
  - para completar um banco de memória num 80386, era necessário
    - » 4 desses módulos, pois 4x8bits significa 32 bits
- Módulos de 30 pinos conseguiam compor no máximo 4MB



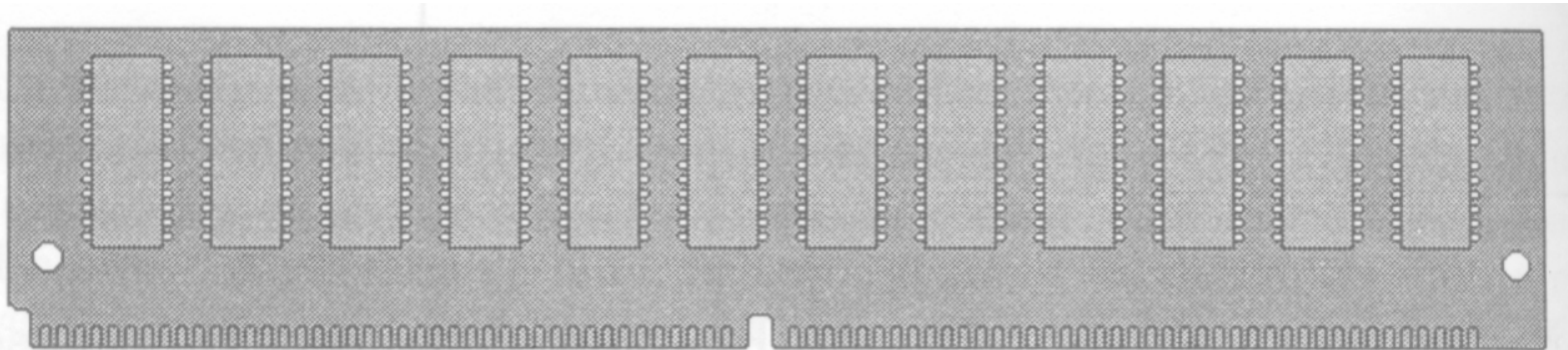


# Tecnologias de memória RAM

## ■ Encapsulamento SIMM (Single In-Line Memory Module)

### – Após 1994

- surgiu os módulos SIMM de memória de 72 vias
  - operando a 32 bits
- podem ter até 32MB em um único módulo
- para poder completar um banco num Pentium, que é de 64 bits
  - são necessários 2 módulos
- a partir de 1995
  - todas as placas-mãe passaram a ser fabricadas com soquetes que suportavam esses módulos de 72 vias
    - » podiam possuir ainda um banco de 30 vias e dois bancos de 72

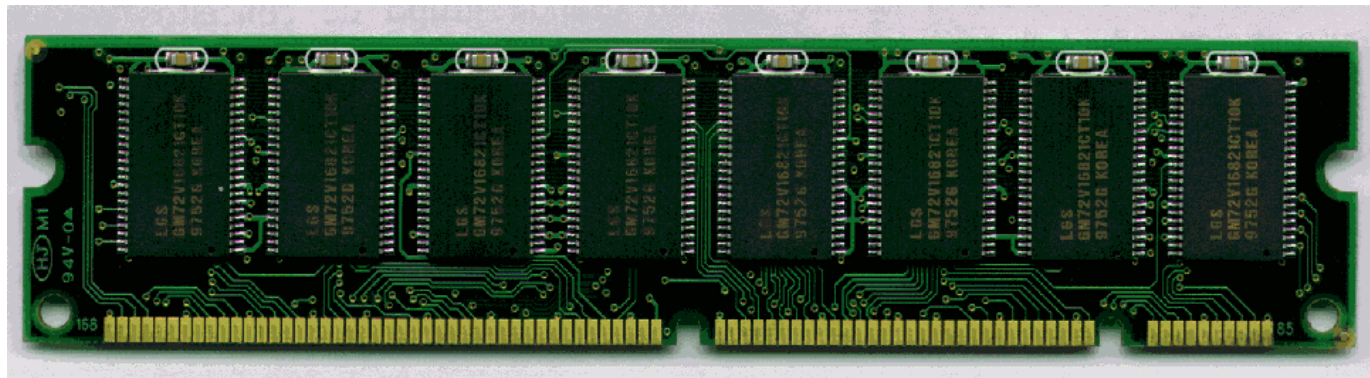




# Tecnologias de memória RAM

## ■ Encapsulamento DIMM (Dual In-Line Memory Module)

- Surgiram em 1997
- Módulo de memória com um encaixe igual ao do SIMM
  - mas que é de 168 pinos
- Memória é de 64 bits
  - para um Pentium basta um desses módulos de memória para funcionar
- Módulos de 32 a 512 MBytes
  - Normalmente computadores tem 1 ou 2 módulos deste tipo
  - Podendo compor 32-64-128-... até a capacidade da placa mãe



# Asynchronous and Synchronous DRAM

## ■ DRAM Assíncrona (convencional)

- Tipo que era usada nos PCs desde os dias dos IBM PCs originais
- Se refere ao fato que a memória não é sincronizada com o relógio do sistema (clock)
  - um acesso a memória é iniciado, e um certo tempo posterior o valor de memória aparece no barramento
  - sinais não são coordenados com o clock do sistema
- **Trabalham bem com barramentos de memória de baixa velocidade**
  - não trabalham bem com sistemas de memória de alta velocidade (>66MHz)



# Asynchronous and Synchronous DRAM

## ■ DRAM Síncrona

- **É sincronizada com o relógio do sistema**
  - todos os sinais são ligados ao clock
  - de maneira que ela é melhor controlada
- **Como clock é coordenado pela clock da CPU**
  - tempo de execução de comandos e transmissão de dados é reduzido
- **Muito mais rápida que a DRAM assíncrona**
  - usada para melhorar o desempenho do sistema
  - melhores adaptadas aos sistemas de memória de alta velocidade dos novos PCs
- **Praticamente todos os computadores novos são vendidos com um tipo de memória chamada SDRAM**
  - é sempre bom confirmar com o vendedor se a sua memória é desse tipo ou de uma tecnologia mais antiga (como EDO ou FPM), que devem ser evitadas atualmente, pois encontram-se obsoletas e são mais lentas que as memórias SDRAM



## Memórias PC-66, PC-100, PC-133, PC-166, PC-266

### ■ Dois tipos de memória SDRAM no mercado atualmente

#### – PC-66

- deve ser utilizado por processadores que trabalham externamente a 66 MHz,
  - como os processadores Pentium II até 333 MHz e Celeron
- Tempo de acesso de mais de 10ns

#### – PC-100

- deve ser utilizado pelos processadores que operam a 100 MHz externamente
  - como o Pentium II a partir de 350 MHz, Pentium III, K6-2 a partir de 300 MHz e K6-III
- com tempo de acesso no máximo 8ns

#### – PC-133

- Barramento de 133 MHz
  - Pentium III e Pentium 4
- com tempo de acesso no máximo 7,5ns



## Outras tecnologias

### ■ **DDR or SDRAM II (Double-data rate SDRAM)**

- **Versão mais rápida de SDRAM**
  - capaz de ler dados na subida e descida do clock do sistema
  - dobrando a taxa de dados do chip de memória.

### ■ **Rambus DRAM® (Rambus™ RDRAM)**

- **Memória extremamente rápida e usada como um canal rápido para transmitir dados**
  - velocidades de 10 vezes mais rápidas que as DRAM padrões
- **Espera-se que esta tecnologia seja usada como memória principal dos PCs**





## Memória Secundária

- **Memória secundária (memória de massa)**
  - **Não é acessada diretamente pela CPU**
    - acesso é feito através de interfaces ou controladoras especiais
  - **Memória do tipo permanente**
    - não se apaga quando o computador está desligado
    - para armazenamento de programas e dados por um longo período
  - **Tem alta capacidade de armazenamento**
  - **Custo muito mais baixo que o da memória principal**
    - 128 MB de RAM custa cerca de R\$ 70,00
    - disco rígido de 40 GB custa cerca de R\$ 200



# Memória Secundária

## ■ Não é formada por chips

- Formada por dispositivos que utilizam outras tecnologias de armazenamento
- Exemplos de memória secundária
  - disco rígido, disquetes, CD-ROM e fita magnética





## Memória Secundária: Arquivo

### ■ Arquivos

- Conjunto de dados gravados na memória secundária
- Forma de organizar melhor os dados dentro da memória secundária

### ■ Nome

- Arquivos recebem nomes
  - CURRÍCULO.DOC, COMMAND.COM, CHKDSK.EXE
- Dividido em duas partes
  - Nome do arquivo
  - Extensão, que define o tipo de arquivo/forma de manipulação



## Memória Secundária: Arquivo

### ■ Tipos de dados:

- **Instruções para a CPU (arquivos executáveis)**
  - usam a extensão COM ou EXE
- **Documentos**
  - textos digitados com editor de textos
  - usam a extensão TXT ou DOC
- **Gráficos/Imagens**
  - representam figuras
  - extensões: .bmp, .gif, .jpeg
- **Dados genéricos**
  - Demais tipos de dados: áudio e vídeo,...
  - Extensões: .au, .wav, .mp3, .mov, .mpg,

# Memória Secundária: Arquivo

## ■ Na execução de programas

- Muitas vezes os programas precisam manipular uma quantidade de dados tão grande que não cabem na memória principal
  - dados são armazenados em arquivos que são lidos da memória secundária e processados por partes



# Discos Rígidos

- **O que são discos rígidos e como funciona**
  - **Disco rígido usa discos achatados chamados pratos**
    - revestido nos dois lados por material magnético projetado para armazenar informações
  - **Pratos são montados em uma pilha**
    - estes pratos (o disco) giram a uma rotação constante (3600 a 7200 rpm) desde que o computador é ligado
  - **Dispositivos especiais de leitura/escrita, chamados de cabeçotes, são usados para escrever ou ler informações no/do disco**
    - posição no disco é controlada por um braço atuador
    - cada prato contém dois cabeçotes
      - um na parte superior do prato e outro na parte inferior
      - exemplo: um disco rígido com dois pratos tem quatro cabeçotes
    - todos os cabeçotes são presos a um único braço atuador
      - eles não se movem individualmente





# Discos Rígidos

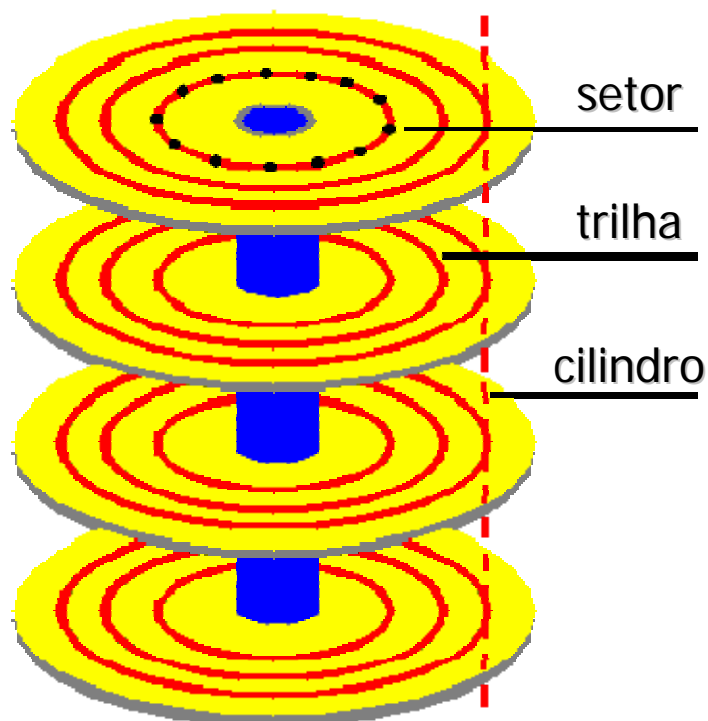
## ■ Controladoras

- **Discos rígidos e a CPU se comunicam via um conjunto de circuitos denominados controladora de disco rígido**
  - que está geralmente integrada na placa-mãe
- **Pode ser uma placa independente.**
  - SCSI (Small Compact System Interface)
    - permite a conexão de diversos periféricos, inclusive de naturezas distintas
- **IDE (Intelligent Drive Electronics)**
  - controladora muito usada

# Discos Rígidos

## ■ O que são discos rígidos e como funciona

- Dados são organizados no disco em cilindros, trilhas e setores
  - Cilindros são trilhas concêntricas na superfície dos discos
    - existem 3000 trilhas em cada lado de um prato de 3,5 polegadas
  - Uma trilha é dividida em setores
    - cada setor tem o tamanho de 512 bytes

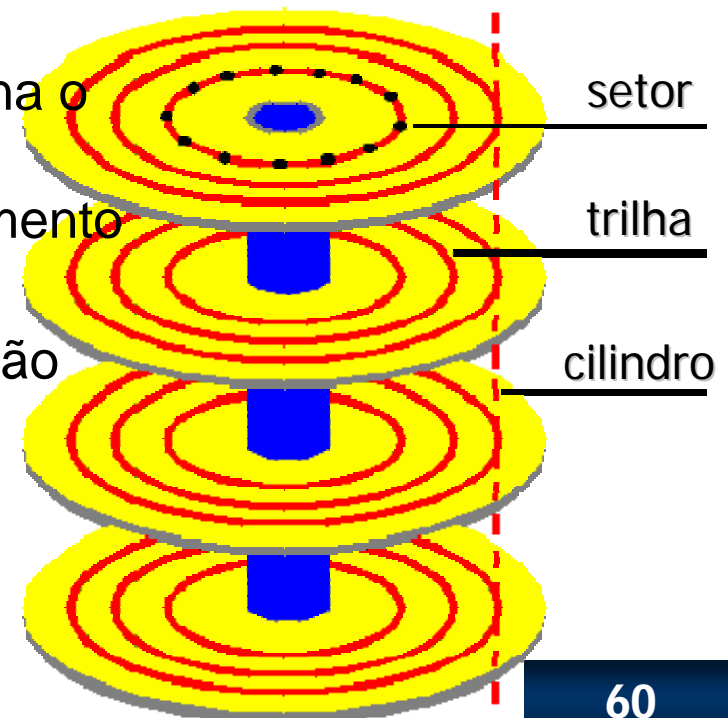


# Discos Rígidos

## ■ O que são discos rígidos e como funciona

### – Em uma operação de leitura de um setor

- controlador de disco interpreta o endereço do dado e move os cabeçotes para o cilindro que contém os dados
- controlador ativa cabeçote específico para ler trilha que contém o dado
  - cabeçote então lê a trilha procurando o setor que contém o dado
- placa controladora do disco coordena o fluxo de informação vinda do disco rígido para uma área de armazenamento temporária
- placa controladora envia a informação pela interface do disco rígido



# Discos Rígidos

## ■ Posicionamento espalhado de dados

- Espalha os blocos de dados de um arquivo ao redor do disco
- Alguns mecanismos são necessários para rastrear os blocos de um arquivo
  - p.e. lista ligada, FAT – File Allocation Table no DOS, I-node do UNIX
- Quando da leitura de vários blocos em um arquivo espalhado
  - uma busca deve ser realizada para a leitura de cada bloco

# Discos Rígidos

## ■ Capacidade dos discos rígidos

- XTs usavam discos rígidos com 10 MB
- Em 1991, a maioria dos microcomputadores usava discos rígidos com 40, 60 ou 80 MB
- Em 1993, os discos de 120 e 200 MB eram mais comuns
- Atualmente a capacidade dos discos rígidos mais usuais são: 4.3, 6.4, 8.4, 9.1, 10.2 GB e até mais de 70 GB







## CD-ROM

### ■ CD-ROM (Compact-Disk Read-Only Memory)

- Meio de armazenamento que tem o menor custo por cada MB armazenado
- Não pode ser usado para gravar dados
  - usado apenas para leitura
  - utilizado para veiculação de software, dicionários, enciclopédias, etc.
- Utiliza técnicas óticas de laser em vez de eletromagnetismo
  - leitura é feita com a emissão de um feixe de laser sobre a superfície do disco
- WORM (Write Once, Read Many)
  - mesma tecnologia, mas que podem ser gravados apenas uma vez, mas lidos inúmeras vezes
- Discos apagáveis (Magneto Optical Erasable Disk)
  - regraváveis, que permitem inúmeras atualizações



# Fitas Magnéticas

## ■ Unidades de Fitas magnéticas

- Dispositivo de alta velocidade que lê e grava fitas magnéticas

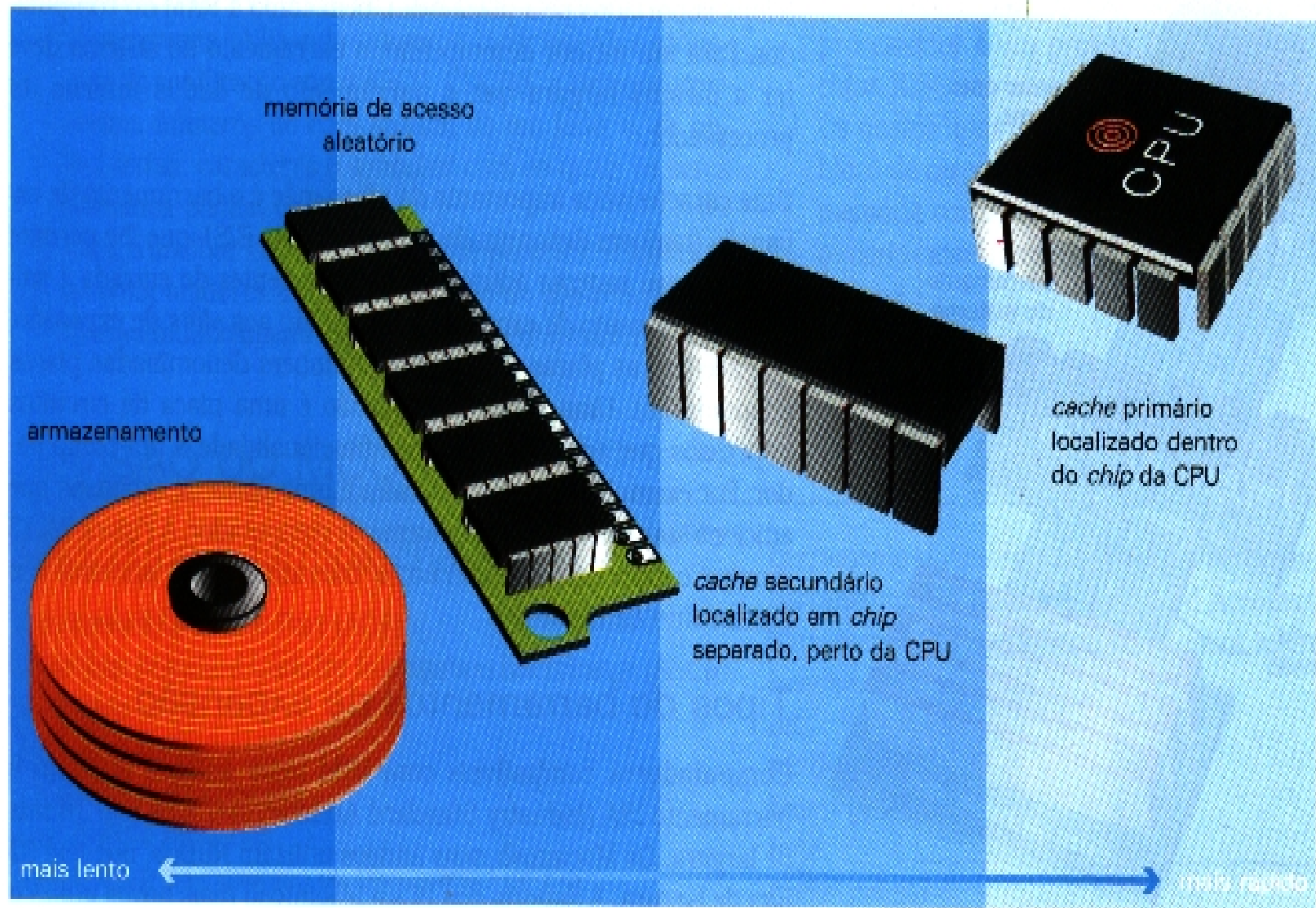
## ■ Fita magnética

- Geralmente acondicionada em cartuchos
- É o meio de armazenamento de grande capacidade
  - um rolo pode conter centenas de megabytes de dados
- Normalmente utilizadas para backups de discos rígidos
  - também pode ser utilizadas no processamento em que os dados tenham que ser acessados seqüencialmente
- Seu uso é mais corrente junto a máquinas de porte médio ou grande

# Memória Secundária

## ■ Memória secundária

- É muito mais barata, de maior capacidade, e é permanente
- Por que então esse tipo de memória não é usado no lugar da memória principal?
  - Dispositivos de armazenamento secundário são extremamente lentos
    - lentos demais para serem acoplados diretamente ao microprocessador
  - Não permitem acessos a seus bytes individuais
    - só permitem o acesso a bloco de dados (512 bytes)
    - para ter acesso a um único byte, é preciso ler o setor inteiro
- Acoplamento direto à CPU seja inviável
  - memórias RAM e ROM são milhares de vezes mais rápidas e permitem que sejam feitos acessos a qualquer um de seus bytes, de forma individual





# Memória Cache

## ■ Memória cache criada via software

- Usada para aumentar o desempenho do acesso ao disco do sistema
  - guardando as informações mais acessadas na memória
    - quando for preciso acessar uma nova informação, ela já está armazenada em memória
  - possui um tempo de acesso muito mais rápido do que o disco
- Número de vezes que a unidade de disco é acessada diminui
  - reduzindo o desgaste físico do disco e da cabeça de leitura e gravação



# Memória Cache

- Poderia-se fazer uma analogia entre a memória cache e o fichário que ficaria em nossa mesa de trabalho
  - Arquivo (memória principal) maior conteria informações completas para realização do trabalho
  - Fichário (a memória cache) conteria informações mais corriqueiras
    - mais próximo do trabalhador (CPU), o fichário (cache) aumentaria a rapidez na realização do trabalho e reduziria a pesquisa no arquivo



# Memória Cache

## ■ Níveis de Cache

- **Existem vários “níveis” de cache em um computador moderno**
  - cada nível agindo como um buffer para informações recentemente usadas para aumentar o desempenho
- **Quando referimos apenas a simplesmente “cache”, normalmente está se referenciando o nível “secundário” ou nível 2**
  - aquela posicionada entre o processador e a memória principal
- **Cada nível é mais próximo do processador e mais rápido que o nível mais abaixo**
  - cada nível também cacheia o nível mais abaixo dele
    - devido a sua velocidade aumentada relativa aos níveis mais baixo



# Memória Cache

## ■ Cache Primária – Layer 1

- **Memória mais rápida de um PC**
  - construída diretamente no processador
- **Esta cache é muito pequena**
  - de 9KB a 64KB
  - mas é extremamente rápida
- **Trabalha na mesma velocidade do processador**
  - se o processador solicita uma informação e pode encontrá-la na cache L1
    - informação é imediatamente disponível e o processador não tem que esperar
- **O processador Pentium III**
  - apresenta uma memória cache L1 de 16KB para instruções e outra de 16KB para dados





# Memória Cache

## ■ Cache nível 2 (Secundária)

- **Maior que a L1 e um pouco mais lenta**
- **Usada para armazenar endereços recentes que não são mantidos pelo nível 1**
- **Tem um tamanho variando de 64KB a 2MB**
- **Anteriormente era encontrada na placa mãe ou um modulo que é inserido na placa mãe**
- **Pentium Pro**
  - tem cache L2 no mesmo pacote do processador
  - embora este não esteja no mesmo circuito do processador e da cache L1
  - roda muito mais rápida que a cache L2 que é separada e reside na placa mãe
- **Pentium II e III até 600MHz**
  - cache L2 de 512KB roda na metade da velocidade da CPU
- **Pentium III acima 600MHz**
  - apresenta uma memória cache L2 de 256KB no mesmo pacote e opera na mesma velocidade da CPU.

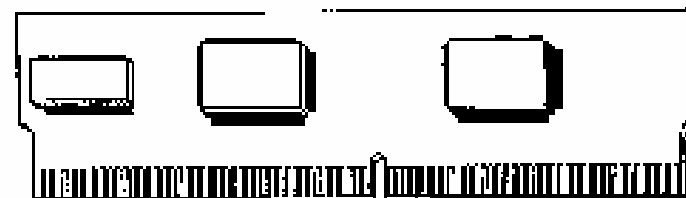
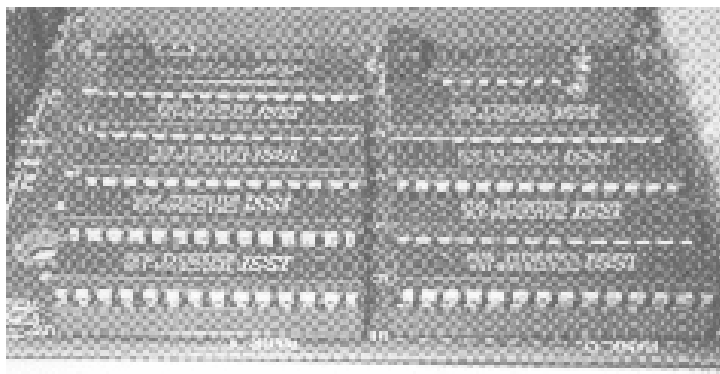
# Memória Cache

## ■ Cache Externas

- Primeiras placas-mãe equipadas com SRAM apresentavam pequenas quantidades de cache
  - entre 8KB a 128KB
- Com o 486, tornou-se mais comum que a placa-mãe tivesse 128KB a 512KB de cache
- O Pentium geralmente tem 512KB a 1MB de cache

## ■ Modularização

- chips que formavam a SRAM eram em forma de chips DIP
- atualmente, fabrica-se os módulos do tipo COAST







## Barramentos (Bus)

### ■ Barramento

- Um caminho comum pelo qual os dados trafegam dentro do computador
  - pode ligar dois ou mais elementos do computador

### ■ Tamanho de um barramento

- É importante pois determina quantos bits podem ser transmitidos em uma única vez
  - barramento de 16 bits pode transmitir 16 bits de dado
  - barramento de 32 bits pode transmitir 32 bits de dado

### ■ Velocidade do barramento

- Todo barramento tem uma velocidade medida em MHz
  - barramento rápido permite transmitir dados rapidamente, que tornam as aplicações mais rápidas



## Tipos de barramentos de um PC

### ■ Partes de um barramento

- barramento de endereçamento
  - transfere a informação de onde o dado se encontra
- barramento de dados
  - transfere o dado em si (p.e., o valor de memória)

# Barramentos (Bus)

## ■ Tipos de barramentos de um PC

- Barramento do processador
  - barramento que o chipset usa para enviar/receber informações do processador
    - chipset são os chips de suporte adjacentes contidos na placa mãe
- Barramento de Cache (barramento backside)
  - usado pelos Pentium Pro e Pentium III
  - barramento dedicado para acessar o sistema cache
  - processadores convencionais que usam placas mãe de quinta geração tem uma cache conectada ao barramento de memória
- Barramento de memória
  - barramento que conecta o sub-sistema de memória ao chipset e ao processador
  - em alguns sistemas o barramento do processador e o barramento de memória são basicamente a mesma coisa





## Barramentos (Bus)

### ■ Tipos de barramentos de um PC

#### – Barramento local de E/S (Entrada/Saída)

- usado para conectar periféricos de alto desempenho à memória, chipset e processador
  - placas de vídeo, interface de redes de alta velocidade, etc.
- barramentos locais de E/S mais comuns
  - VESA Local Bus (VLB)
  - Peripheral Component Interconnect Bus (PCI)

#### – Barramento padrão de E/S

- Industry Standard Architecture (ISA) bus
  - principal barramento padrão de E/S
- usado para periféricos lentos
  - modems, placas de som regulares, interfaces de rede de baixa velocidade) e também para compatibilidade com dispositivos antigos
- barramento ISA está sendo substituído por barramentos mais rápidos (PCI)



## Tipos de barramentos de um PC

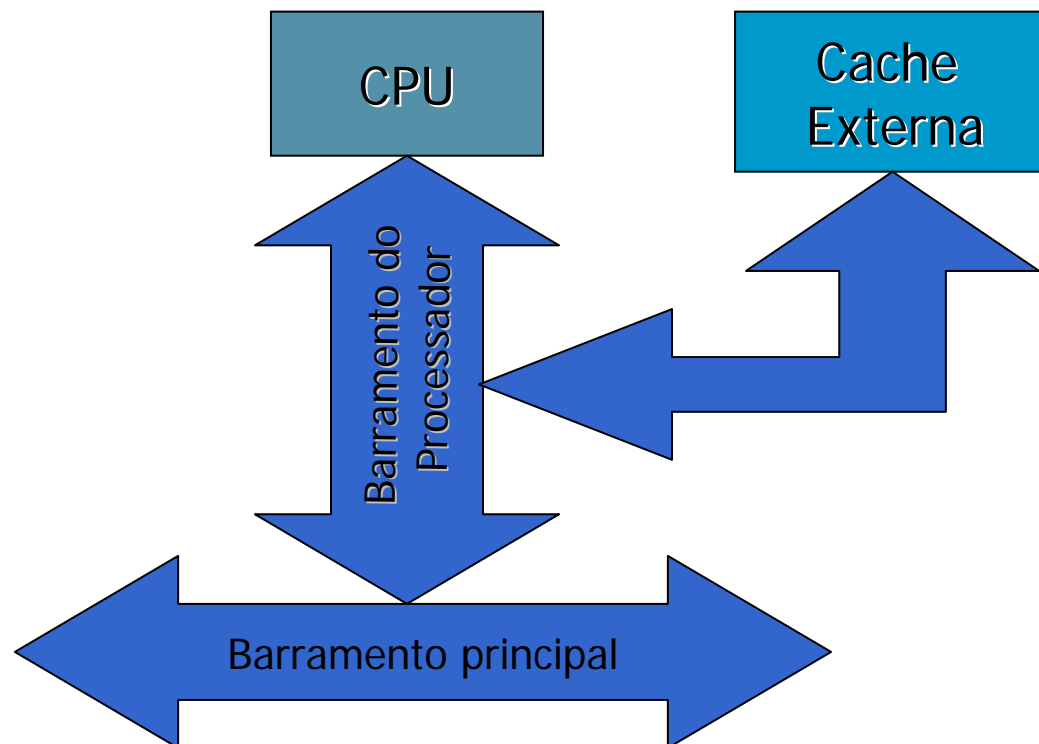
### ■ *Accelerated Graphics Port (AGP)*

- Alguns novos PCs usam um “barramento” adicional projetado para comunicação de grafismos apenas
- Trata-se de um porto
  - barramento é projetado para vários dispositivos compartilhando um meio de comunicação
  - porto é apenas entre dois dispositivos



## Barramento do processador

- É o caminho de comunicação entre a CPU e chipset
  - usado para transferir dados entre a CPU e o barramento principal do sistema





## Barramento do processador

- **É uma via de comunicação da CPU**
  - **Opera de forma muito mais rápida que qualquer outro tipo de barramento no computador**
    - Opera a mesma velocidade que a CPU opera externamente
    - Pentium 100MHz, 133MHz, 166MHz e 200MHz opera a 66,6MHz
    - Pentium II, a 100MHz
    - Pentium III, a 133 MHz
  - **Consiste em circuitos elétricos de dados, endereçamento e controle**
  - **No processador 80486**
    - 32 linhas de endereçamento
    - 32 linhas de dados
    - algumas linhas para controle
  - **No Pentium**
    - 32 linhas de endereçamento
    - 64 linhas de dados
    - algumas linhas de controle



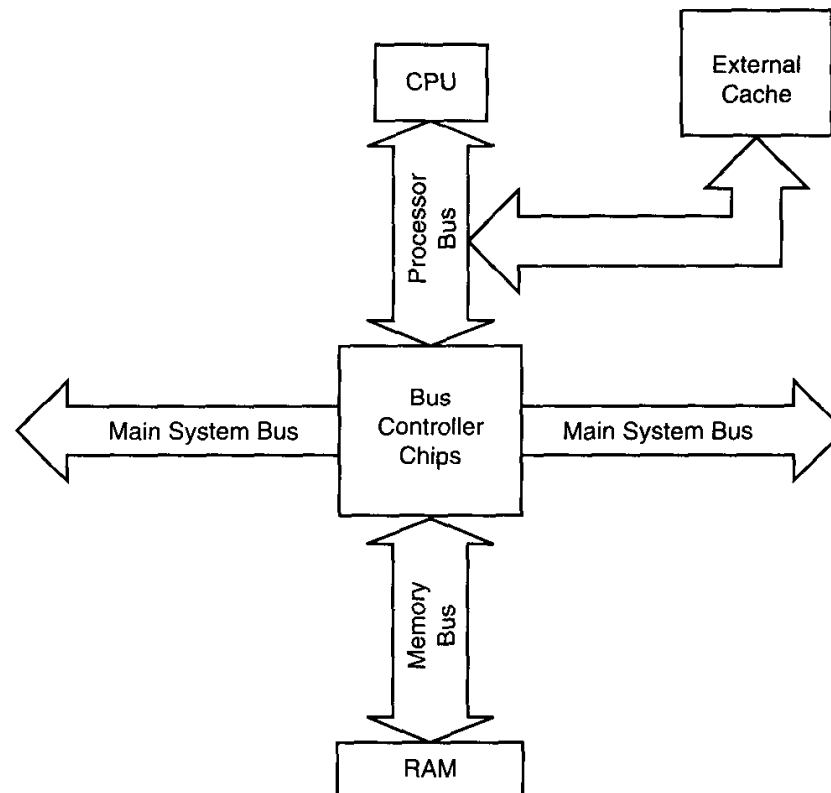
## Barramento de Cache

### ■ Barramento de cache (backside)

- Processadores convencionais usam a cache externa na placa mãe e a CPU acessa esta cache usando o barramento de memória
- Para obter um melhor desempenho
  - maioria dos novos usam um barramento de alta velocidade conectando o processador à cache L2
- **Pentium Pro e Pentium III acima de 600MHz**
  - barramento é interno ao processador e opera na taxa da CPU
- **Pentium II e III até 600MHz**
  - barramento de cache opera na metade da taxa do processador

# Barramento da memória

- Usado para transferir informação entre a CPU e a memória principal
  - é parte do barramento do processador
  - ou é implementado separadamente por um chipset
    - responsável pela transferência de informação entre o barramento do processador e a memória





## Barramento da memória

- **Taxa de transferência é menor que a do barramento do processador**
  - Devido aos limites da capacidade do chips de DRAM
- **Largura do barramento da memória é a mesma que do barramento do processador**
  - **Processador Pentium ou Pentium Pro**
    - possui um barramento de 64 bit
    - cada banco de memória que é usado deverá ter 64 bits preenchidos
    - Nas placas-mãe atuais possuem um suporte a pentes de memória do tipo DIMM, que são de 64 bits
      - somente um pente é necessário para o funcionamento do computador





## Barramento de E/S

- **Muitos barramento de E/S tem sido desenvolvidos**
  - Cada avanço obtido nos computadores requereu um barramento que atenda às exigências do hardware
  - Mesmo assim, necessita-se que seja padronizado diante do mercado a nível mundial, sem grandes custos aos usuários
    - esta também é uma das razões em que os barramento de E/S não puderam evoluir mais do que se esperava
- **Exemplos de Barramentos de E/S**
  - ISA, MCA, EISA, VESA Local Bus, PCI Local Bus.



## Barramento de E/S

### ■ Barramento ISA

- foi introduzido no PC original em 1981 como um barramento de 8 bits
  - mais tarde foi expandido para 16 bits com o PC/AT em 1984, chamando-se arquitetura padrão da indústria
- **é ainda é utilizado em arquiteturas menos recentes**
  - mas este tipo de barramento é geralmente substituído pelo PCI
- **ainda é rápido o bastante para muitos periféricos que usamos hoje**
  - como uma placa fax/modem ou uma placa de som

## Barramento de E/S

### ■ Barramento ISA de 8 bits

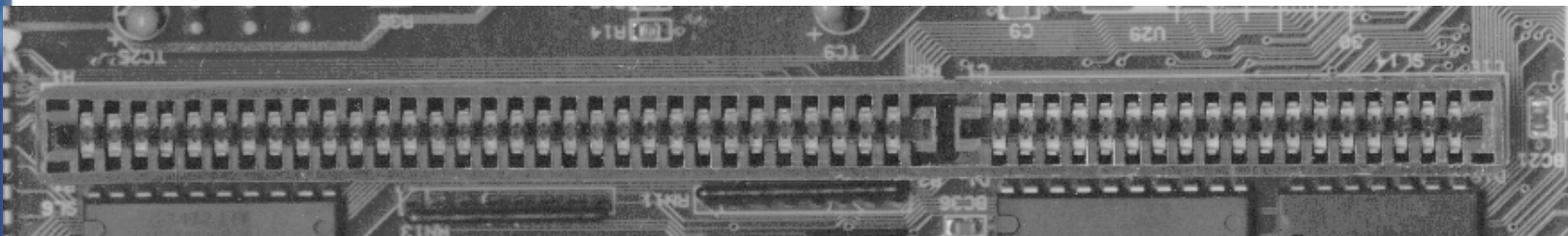
- surgiu com o XT e opera a 4,77MHz
- foi usada inicialmente nos primeiros PCs e é desnecessária nos sistemas atuais
- slot ISA de 8 bits é um conector com 62 contatos, possuindo eletronicamente 8 linhas de dados e 20 linhas de endereçamento, habilitando ao slot manusear 1MB de memória



# Barramento de E/S

## ■ Barramento ISA de 16 bits

- **Consegue operar num máximo de 8,33MHz**
  - com uma taxa máxima de 8MB/s
- **Surgiu após a produção de processadores de 16 bits**
  - a partir do 80286, em 1984
- **Para compatibilidade**
  - IBM criou um tipo de slot que suportasse ambos 8 e 16 bits
    - slot com duas divisões
  - padrão de slots é usado ainda hoje nos computadores Pentium
    - todas as placas de CPU possuem três ou quatro slots em cada placa





## Barramento de E/S

### ■ Barramento MCA

- **Com os chips de 32 bits (80386DX)**
  - significou que o ISA não poderia suportar todo o poder dessa nova geração de CPUs
- **IBM decidiu criar um novo barramento, que resultou no MCA**
- **IBM quiz receber os royalties por ele de outros fabricantes**
  - MCA não se tornar um padrão da indústria
- **Outra razão para a falta de sucesso**
  - não suportava as placas ISA de 16 bits e 8 bits





## Barramento de E/S

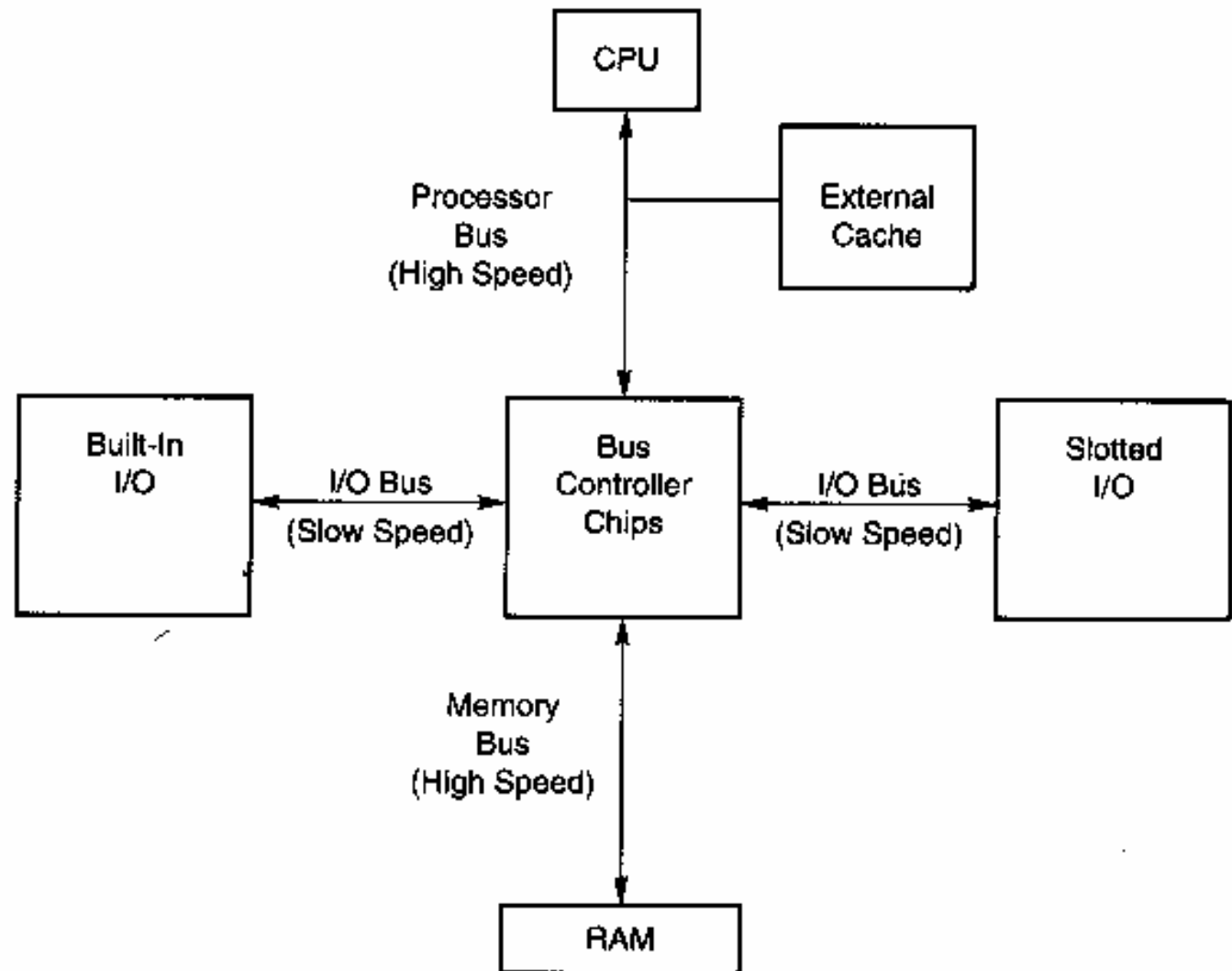
### ■ Barramento EISA

- barramento foi criado em 1988 em resposta ao barramento MCA
  - primeiramente fabricado pela Compaq
- suportava as placas ISA presentes
- Poucas placas adaptadoras foram criadas a partir do EISA
  - não emplacou no mercado



## Barramento de E/S

### ■ Barramentos de F/S



) de  
)

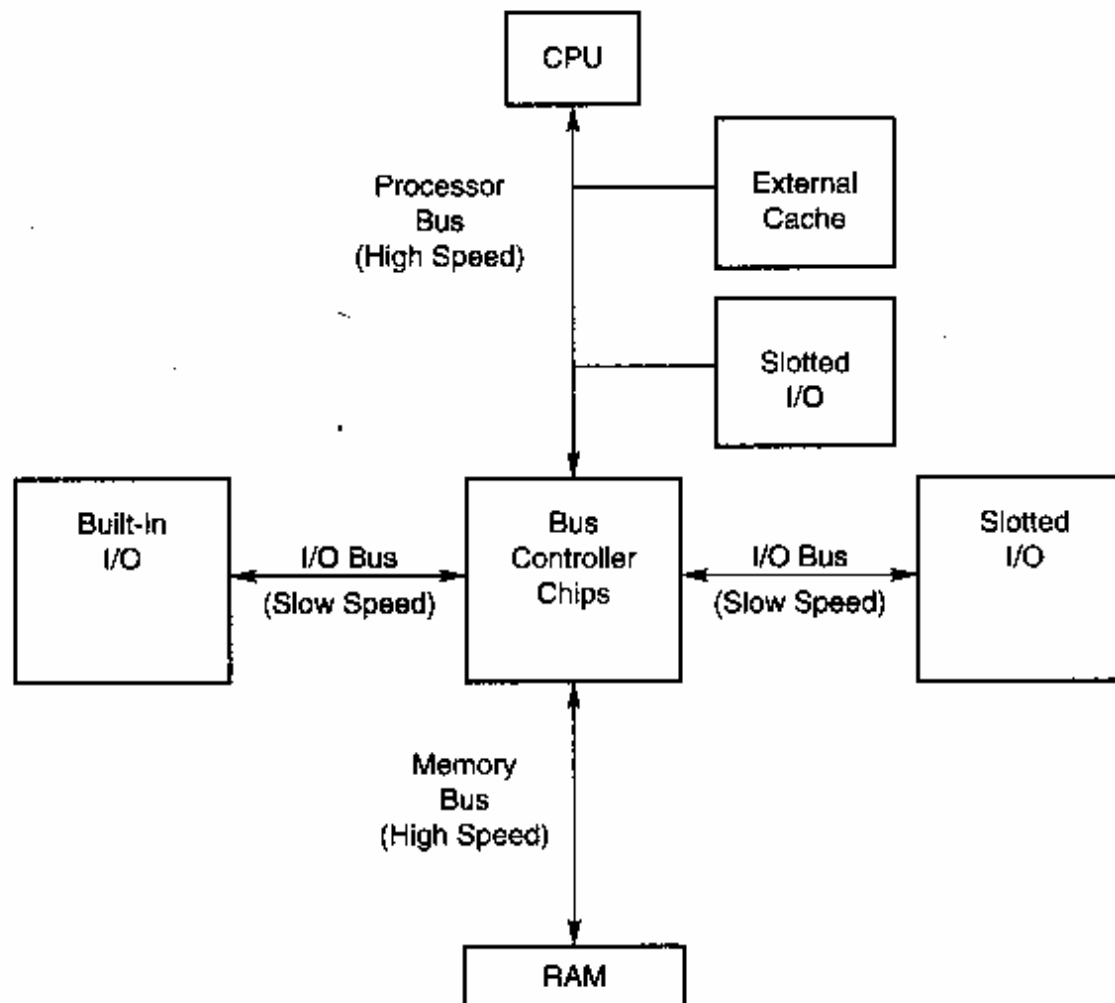
l

is



## Barramento de E/S

### ■ Local bus



dos dos  
idades

ntes



## Barramento de E/S

### ■ VESA Local Bus (VLB)

#### – Primeiro barramento local popular, em 1992

- abreviação de Video Electronics Standards Association
- principal razão foi aumentar o desempenho de vídeo nos PCs

#### – Características

- barramento de 32 bits
- de certo modo uma extensão do barramento processador/memória do 486.
- slot VLB é um slot ISA 16 bits com terceiro e quarto slots no final
  - uma placa ISA pode ser conectada no VLB.
- roda a taxas de 33 MHz
  - embora velocidades maiores são possíveis para alguns sistemas.



## Barramento de E/S

### ■ VESA Local Bus (VLB)

- Foi muito popular durante a era 486
- Com a introdução do Pentium e seu barramento local PCI (1994)
  - VLB começou a ser abandonado
- Problemas
  - PCI é mais vantajoso
  - Seu projeto foi duramente baseado no processador 486
    - adaptação para o Pentium causou sérios problemas
  - Barramento em si é eletricamente fraco
    - número de placas que poderiam ser usadas no barramento era pequeno (normalmente duas ou mesmo uma)
  - Barramento não tinha um controle muito forte
    - desde que não havia um bom esquema de árbitro
    - não suporta o Plug and Play





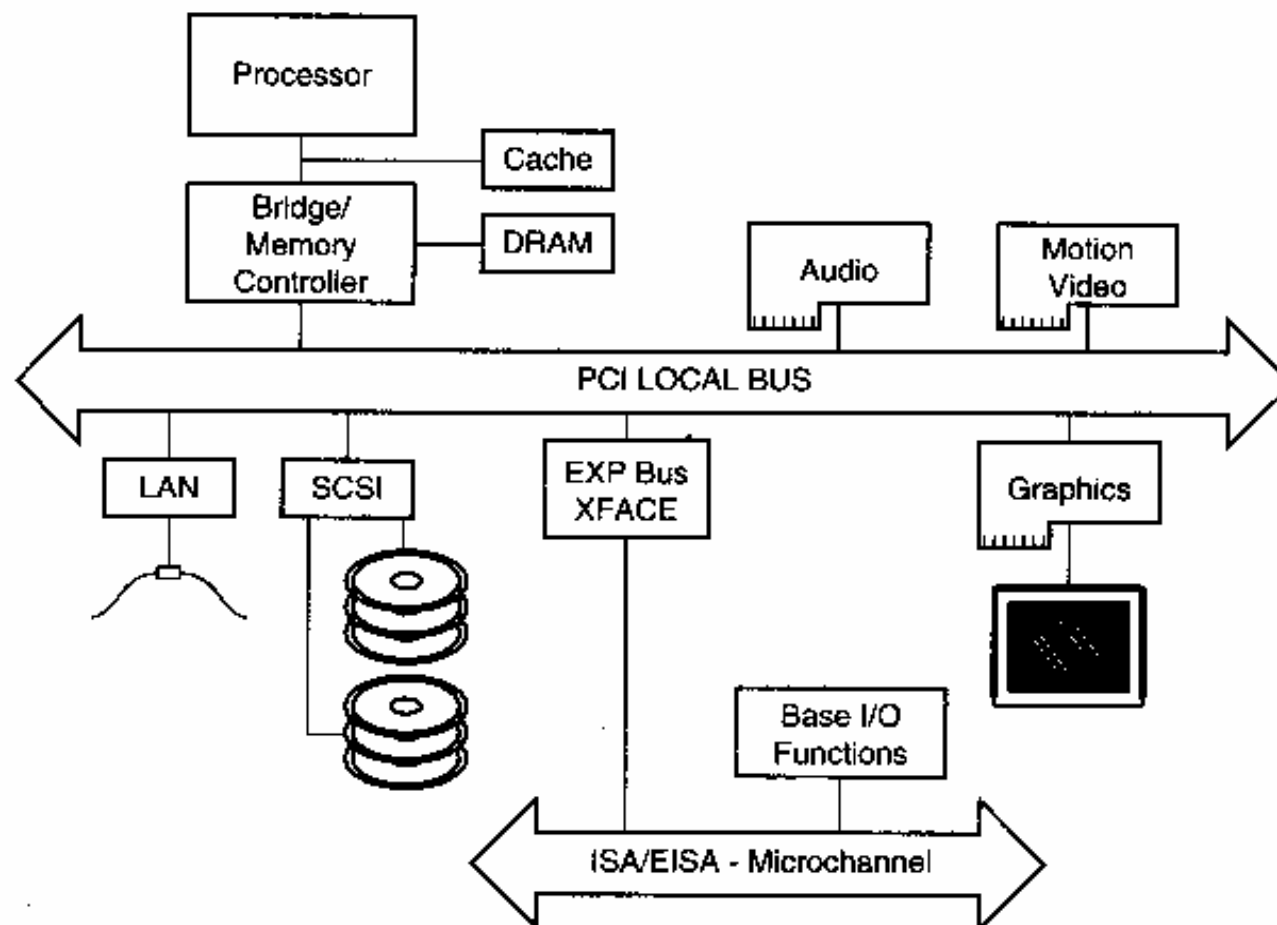
# Barramentos Locais

## ■ Barramento PCI

- **Abreviação de Peripheral Component Interconnect**
  - um padrão de barramento local desenvolvido pela Intel Corporation
  - PCI não é ligado a qualquer família de microprocessadores.
- **A maior parte dos PCs modernos incluem**
  - um barramento PCI
  - um barramento de expansão ISA.
    - tendência é que o barramento ISA seja totalmente substituído pelo PCI
- **Como o VESA Local Bus**
  - PCI é um barramento de 32 bits a um máximo de 33 MHz
    - 133 MB/s
- **Vantagem chave do PCI sobre o VLB**
  - é a existência de um circuito no chipset que controla o barramento
  - VLB era uma extensão do barramento do processador 486
  - PCI deste não é casado com 486 e seu chipset fornece funcionalidades para controle

# Barramentos Locais

## ■ Barramento PCI



# Barramentos Locais

## ■ Barramento PCI

- **Especificação 2.1 do barramento PCI**
  - estende o barramento para 64 bits e opera com a velocidade de 66MHz
  - velocidade pode ser quadruplicada.
- **Barramento PCI de 64 bits ainda não foi implementado no PC**
  - atualmente a velocidade é limitada a 33 MHz na maior parte dos PCs
- **Operação do barramento PCI pode ser configurado como síncrona ou assíncrona**
  - dependendo do chipset e da placa mãe.
- **Na configuração sincronizada (usado por maior parte dos PCs)**
  - PCI roda na metade da velocidade do barramento de memória (50, 60 ou 66 MHz)
    - PCI poderia rodar a 25, 30 ou 33 MHz
- **Na configuração assíncrona**
  - velocidade do PCI pode ser setado independente da velocidade do barramento de memória
    - controlado por jumpers na placa mãe, ou setado pela BIOS.



## Barramentos Locais

### ■ Barramento PCI

- **Opera concorrentemente com o barramento do processador**
  - CPU pode processar os dados em um cache externo enquanto o barramento PCI está ocupado transferindo informação entre outras partes do sistema
- **Incorpora o recurso Plug and Play**
  - não necessitando que o usuário configure as placas adaptadoras
    - sistema se encarrega disso
  - para isso, os computadores devem possuir um BIOS com essa característica

# Barramentos Locais

## ■ Barramento PC-Card (PCMCIA)

- **Destinado aos computadores portáteis (notebooks e laptops)**
  - padrão para os cartões adaptadores e de expansão para notebooks e laptops
- **Apesar dos padrões, a indústria flexibilizou demais a arquitetura**
  - de forma que alguns cartões podem não ser compatíveis com algum equipamento ou outro
- **Os cartões também possuem o recurso de ser Plug and Play**







## Barramentos Locais

### ■ USB

- Interface externa USB fornece uma comunicação serial de 12 Mbps
  - apenas sobre uma conexão de 4 fios
- Um único porto USB pode ser usado para conectar até 127 periféricos, tal como mouse, modems, teclados, scanners, câmeras.
- USB atende às especificações Plug and Play da Intel
  - inclusive de poder conectar os dispositivos com a máquina ligada e sem precisar reiniciá-las
- Fornece alimentação aos periféricos
  - USB verifica quais os requisitos de energia requeridos pelos periféricos e avisar se estes dispositivos excederem os limites



## Barramentos Locais

### ■ Firewire (IEEE 1394)

- Barramento serial padrão externamente rápido que suporta taxas de transferências de dados de até 400 MBps
- Um único porto pode ser usado para conectar até 63 dispositivos externos
- Suporta Plug-and-Play
- Suporta dados isócronos
  - transmitindo dados com uma taxa garantida
  - ideal para dispositivos que necessitam altas taxas de transferências em tempo-real, tal como dispositivos de vídeo
- Embora muito rápido, o 1394 é muito caro
  - é esperado usado mais freqüentemente para dispositivos que necessitam taxas altas, como câmeras de vídeo, e o USB conectará os demais periféricos



# Dispositivos de Entrada/Saída

## ■ Definição

- São equipamentos utilizados como portadores das informação que o computador irá processar
  - Elementos de comunicação entre o computador e seu ambiente

## ■ Por exemplo

- Quando se pressiona uma tecla
  - faz com que o teclado transmita o código da tecla pressionada
  - código é recebido por um circuito chamado de INTERFACE DE TECLADO
  - ao receber o código de uma tecla, a interface de teclado avisa a CPU que existe um caractere recebido
- Quando a CPU precisa enviar uma mensagem para o usuário
  - precisa que a mensagem seja colocada na tela
  - feito com auxílio de um circuito chamado de INTERFACE DE VÍDEO
  - CPU envia a mensagem para a interface de vídeo
  - interface de vídeo coloca então a mensagem na tela

# Dispositivos de Entrada/Saída

## ■ Periféricos

### – Existem alguns que são especializados apenas em ENTRADA

- Teclado - Lê os caracteres digitados pelo usuário
- MOUSE - Lê os movimentos e toque de botões
- Drive de CD-ROM - Lê dados de discos CD-ROM
- Microfone - Transmite sons para o computador
- SCANNER - Usado para o computador "ler" figuras ou fotos



# Dispositivos de Entrada/Saída

## ■ Periféricos

### – Outros especializados apenas em SAÍDA

- Vídeo - Mostra ao usuário, na tela caracteres e gráficos
- Impressora - Imprime caracteres e gráficos
- Alto-falante - Realiza comunicação com o usuário através de som





# Dispositivos de Entrada/Saída

## ■ Periféricos

### – Outros em ENTRADA E SAÍDA

- Disco rígido - Grava e lê dados
- Drive de disquete - Grava e lê dados em disquetes
- Unidade de fita magnética - Grava e lê dados em fitas magnéticas

• MODEM - Transmite e recebe dados pela linha





## Dispositivos de Entrada/Saída

### ■ Tipos de comunicação com os dispositivos

- **CPU não pode comunicar-se diretamente com os periféricos**
  - comunicação é feita com a ajuda de circuitos chamados de interfaces ou portas de E/S
- **Podem implementar a transmissão das palavras de dados segundo duas diferentes políticas: comunicação serial ou paralela**
- **Comunicação paralela**
  - cada dígito (ou bit) da palavra de dados é conduzido por um fio dedicado
  - cabos utilizados para a comunicação paralela são dotados de uma grande quantidade de fios (ou vias)
  - exemplo: impressoras



## Dispositivos de Entrada/Saída

### ■ Tipos de comunicação com os dispositivos

#### – Comunicação serial

- bits de cada palavra são transmitidos um a um, de forma seqüencial, através de uma única via,
- cabos que implementam este tipo de comunicação são constituídos por uma pequena quantidade de fios
- Exemplos: mouse e os modems.