

# Organização e Arquitetura de Computadores I

## Memória Interna

# Memória

- Em informática, memória são todos os dispositivos que permitem a um computador guardar dados, temporariamente ou permanentemente.

# Sistemas de Memórias

● Os sistemas de memórias de computadores, podem ser mais facilmente compreendidos por meio de sua classificação, de acordo com suas características fundamentais:

- **Localização**

- Processador
- Interna
- Externa

# Sistemas de Memórias

- **Capacidade**
  - Na memória interna é expressa em função de bytes ou palavras. Na memória externa é expressa em função de bytes.
  - Tamanho da palavra
  - Número de palavras
- **Unidade de Transferência**
  - Na memória interna, a unidade de transferência de dados é o número de bits que podem ser lidos ou escritos de cada vez. Na memória externa, os dados geralmente são transferidos em grandes quantidades, chamadas de blocos.
  - Palavra
  - Bloco

# Sistemas de Memórias

- **Método de Acesso**
  - Sequencial
  - Direto
  - Aleatório
  - Associativo
- **Desempenho**
  - Tempo de acesso
    - Memória aleatória, é o tempo decorrido entre o instante que o endereço é apresentado à memória, até o momento em que os dados são armazenados ou tornam-se disponíveis para leitura.
    - Memória seqüencial, é o tempo necessário para posicionar o mecanismo de leitura-escrita na posição desejada.
  - Tempo de ciclo
    - Compreende o tempo de acesso e o tempo adicional requerido, antes que um segundo acesso possa ser iniciado.
  - Taxa de transferência

# Sistemas de Memórias

- **Tecnologia**
  - Semicondutores
  - Magnética
  - Óptica
  - Magneto-óptica
- **Características Físicas**
  - Volátil / não-volátil
  - Apagável / não-apagável
- **Organização**
  - É um aspecto fundamental do projeto de memórias de acesso aleatório. É o arranjo físico dos bits para formar palavras.

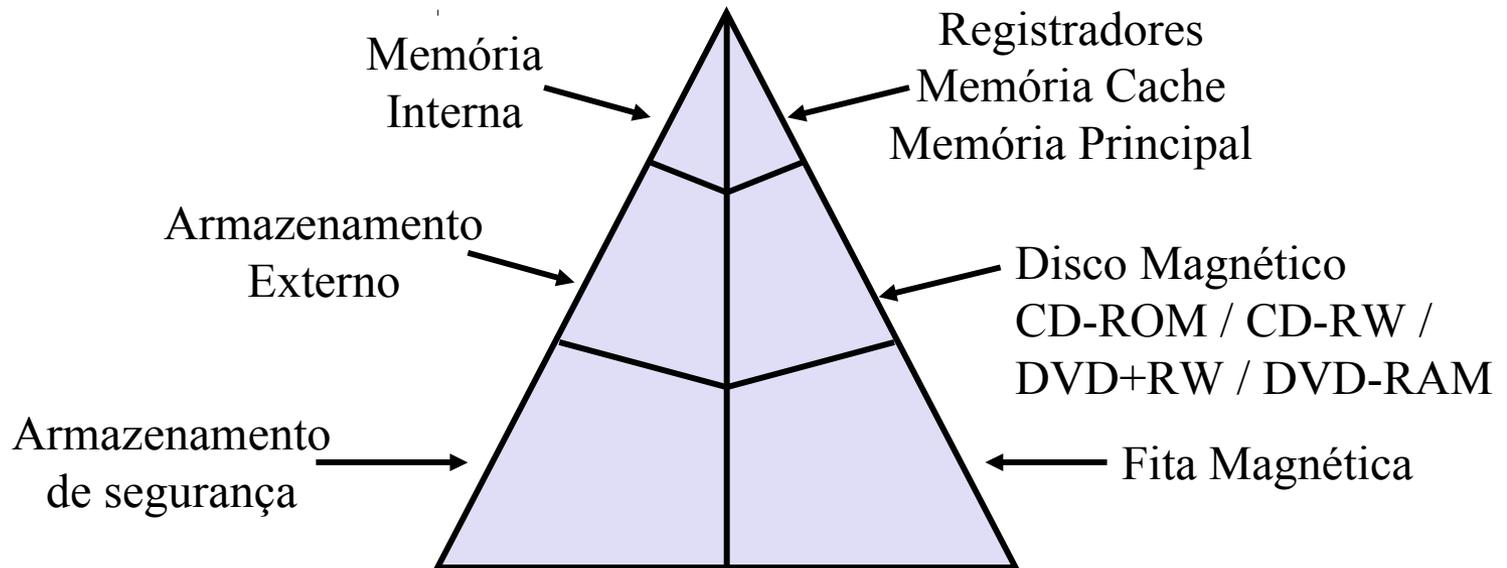
# Hierarquia de Memórias

- As restrições de projeto de uma memória podem ser resumidas em três questões:
  - Capacidade
  - Velocidade
  - Custo
- Uma variedade de tecnologias é utilizada para a implementação de sistemas de memória. Para essas tecnologias valem as seguintes relações:
  - Tempo de acesso mais rápido, custo de bit maior
  - Capacidade maior, custo por bit menor
  - Capacidade maior, tempo de acesso menor

# Hierarquia de Memórias

- Uma solução para a implementação de projetos de memórias, levando em consideração as relações vistas anteriormente, é empregar uma hierarquia de memórias e não um único componente ou tecnologia de memória.

# Hierarquia de Memórias



# Hierarquia de Memórias

- À medida que descemos em uma hierarquia de memórias, temos as seguintes relações:
  - O custo por bit diminui
  - A capacidade aumenta
  - O tempo de acesso aumenta
  - A frequência de acesso à memória pelo processador diminui

# Hierarquia de Memórias

- Memórias menores, mais caras e mais rápidas são combinadas com memórias maiores, mais baratas e mais lentas, de tal forma que seja diminuída a frequência de acessos das memórias maiores pelo processador.

# Hierarquia de Memórias

- Se pegarmos um processador com acesso a dois níveis de memória com as seguintes características:
  - Nível 1 contém mil palavras e o tempo de acesso é de  $0,1 \mu s$ ;
  - Nível 2 contém 100 mil palavras e o tempo de acesso é de  $1 \mu s$ ;
  - Qual será o tempo médio para acessar uma palavra que está a 95% do tempo no nível 1?
  - Resposta:  $0,15 \mu s$

# Hierarquia de Memórias

- Ao longo da execução de um programa, as referências feitas à memória pelo processador, tanto em caso de instruções quanto no de dados, tendem a formar grupos, nos quais elas estão próximas umas das outras, princípio de **localidade de referências** (Denning, P. “*The working set model for program behavior*”, 1968).
- De acordo com o princípio de localidade de referências, é possível organizar os dados de tal forma que seja minimizado o acesso direto às memórias mais lentas.

# Memória Principal

- Memória principal de semicondutor, são memórias construídas pela microeletrônica e utilizam pastilhas semicondutoras e superam as memórias de núcleos magnéticos.

## Organização e Arquitetura de Computadores I

# Memória Principal

Tipo de Memória	Categoria	Mecanismo de Apagamento	Mecanismo de Escrita	Volatilidade de
Memória de Acesso Aleatório (RAM)	Memória de Leitura/Escrita	Eletricamente em Nível de Byte	Eletricamente	Volátil
Memória apenas de leitura (ROM)	Memória apenas de Leitura	Não é possível	Máscara	Não-volátil
ROM programável (PROM)			Eletricamente	
PROM apagável (EPROM)	Memória principalmente de leitura	Luz UV, em nível de pastilha	Eletricamente	
Memória Flash		Eletricamente em Nível de blocos		
PROM eletricamente apagável (EEPROM)		Eletricamente em Nível de Bytes		

# Memória Principal

- O principal tipo de memória é o de acesso aleatório (*random-access memory*- RAM);
- As memórias RAM tem as seguintes características:
  - Possibilita que novos dados sejam lidos e escritos rapidamente e de modo fácil;
  - É volátil;
  - Dinâmica : formada de capacitores; *refresh* constante;
  - Estática : composta por flip-flops; menos densa que a dinâmica.

# Memória Principal

- **Memória Apenas de Leitura** (*Read Only Memory – ROM*): Contém um padrão permanente de dados que não pode ser alterado, é possível apenas ler os dados armazenados.
  - Possui uma vantagem que os programas ficam permanentemente armazenados, nunca precisando ser carregados a partir de um dispositivo de armazenamento secundário.
  - Possui dois problemas:
    - A etapa de gravação de dados tem um custo fixo relativamente alto, que não depende do número de cópias.
    - Não podem ocorrer erros: se algum bit estiver errado, todo o lote da memória ROM será inutilizado.

# Memória Principal

- No caso de usar um pequeno número de memórias ROM com um dado conteúdo de memória, a alternativa mais barata é a **ROM programável** (*programmable ROM* – **PROM**);
  - Características:
    - Não-volátil;
    - Gravação pode ser feita pelo cliente;
    - Mais vantajoso no caso de produção em larga escala.

# Memória Principal

- Outra variação da memória apenas de leitura é a memória principalmente de leitura;
  - Há três formas comuns de memória principalmente de leitura:
    - **EPROM**
    - **EEPROM**
    - **Memória Flash**
  - Bastante útil em aplicações em que é necessário armazenamento não-volátil e quando as operações de leitura são mais freqüentes que escrita.

# Memória Principal

## ● Considerações:

- EPROM: pode ser apagada por um processo óptico; para qualquer operação de escrita todas as células de memória são apagados;
- EEPROM: os dados podem ser gravados sem necessidade de apagar todo seu conteúdo anterior;
- Memória Flash: Introduzida em meados dos anos 80, esse tipo de memória apaga e lê dados rapidamente;

# Memória Principal - Organização

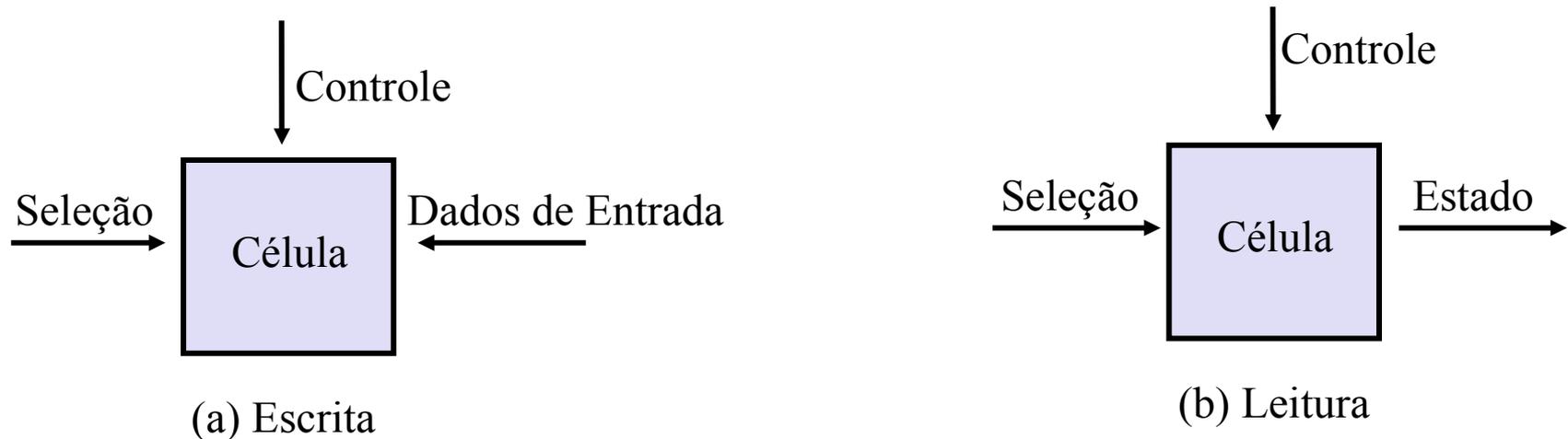
- O elemento básico de uma memória de semicondutor é a célula de memória. Embora possam ser fabricadas usando diferentes tecnologias, todas as células possuem certas propriedades iguais como:
  - Exibem dois estados estáveis ou semi-estáveis que podem ser utilizados para representar os dígitos binários 1 e 0.
  - Um valor pode ser escrito na célula e o dado gravado define o estado da célula de memória.
  - O estado da célula de memória pode ser lido.

# Memória Principal - Organização

## ● Célula de memória

- Dispositivo ou circuito elétrico usado para armazenar um único bit (0 ou 1).
- A célula geralmente possui três terminais funcionais capazes de carregar um sinal. São eles:
  - Terminal de Seleção
  - Terminal de Controle
  - Terceiro Terminal que funciona devido a função que esta executando no momento se é leitura ou escrita.

# Memória Principal - Organização



## Operação de uma célula de memória

# Memória Principal – Lógica Interna

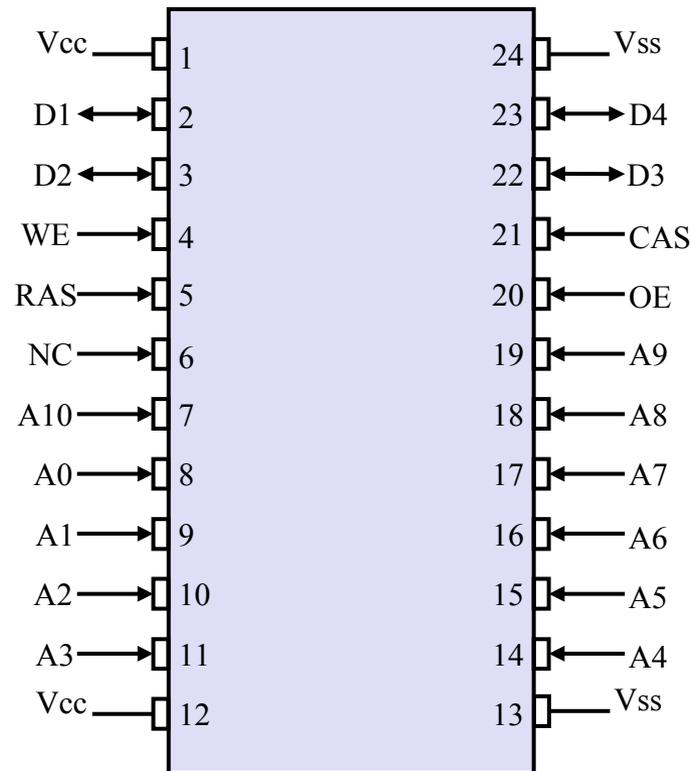
- **Pastilhas:** é um dispositivo composto por células de memória e possui um grande número de conexões de entrada e saída de dados.
  - A memória de semicondutores é empacotada em pastilhas, onde cada uma possui um grupo de posições de memória. Um dos principais aspectos do projeto de memórias de semi-condutores, é o número de bits de dados que podem ser lidos ou escritos simultaneamente.
  - Temos dois modos de organização das pastilhas:
    - Um arranjo físico do conjunto de células, é igual ao arranjo lógico das palavras na memória tal como é percebido pelo processador. O conjunto de células é organizado em palavras de bits cada um.
    - Um bit por pastilha, onde os dados são lidos ou gravados um bit de cada vez.

# Memória Principal – Lógica Interna

● **Empacotamento das Pastilhas:** um circuito integrado é empacotado dentro de uma cápsula, que contém pinos para sua conexão com circuitos externos. Esses pinos contêm as seguintes Linhas de Conexão:

- O endereço da palavra que está sendo acessada.
  - Ex: para 1M de palavra é preciso um total de 20 pinos representados por **A0 – A19**.
- Os dados a serem lidos são constituídos de oito linhas representados por **D0 – D7**.
- A energia fornecida à pastilhas representada por **Vcc**.
- Um pino de Terra **Vss**.
- Um pino de habilitação da pastilha representada por **chip enable – CE**. O CE é usado para indicar se o endereço é válido para a determinada pastilha e se ela pode ser utilizada.
- Um pino de voltagem para programação que é fornecido durante a operação de escrita na pilha representado por **Vpp**.
- Um pino de habilitação de escrita representado por **WE**.
- Um pino de habilitação de saída representado por **OE**.
- Um pino de seleção de endereço de linha representado por **RAS**.
- Um pino de seleção de endereço de coluna representado por **CAS**.

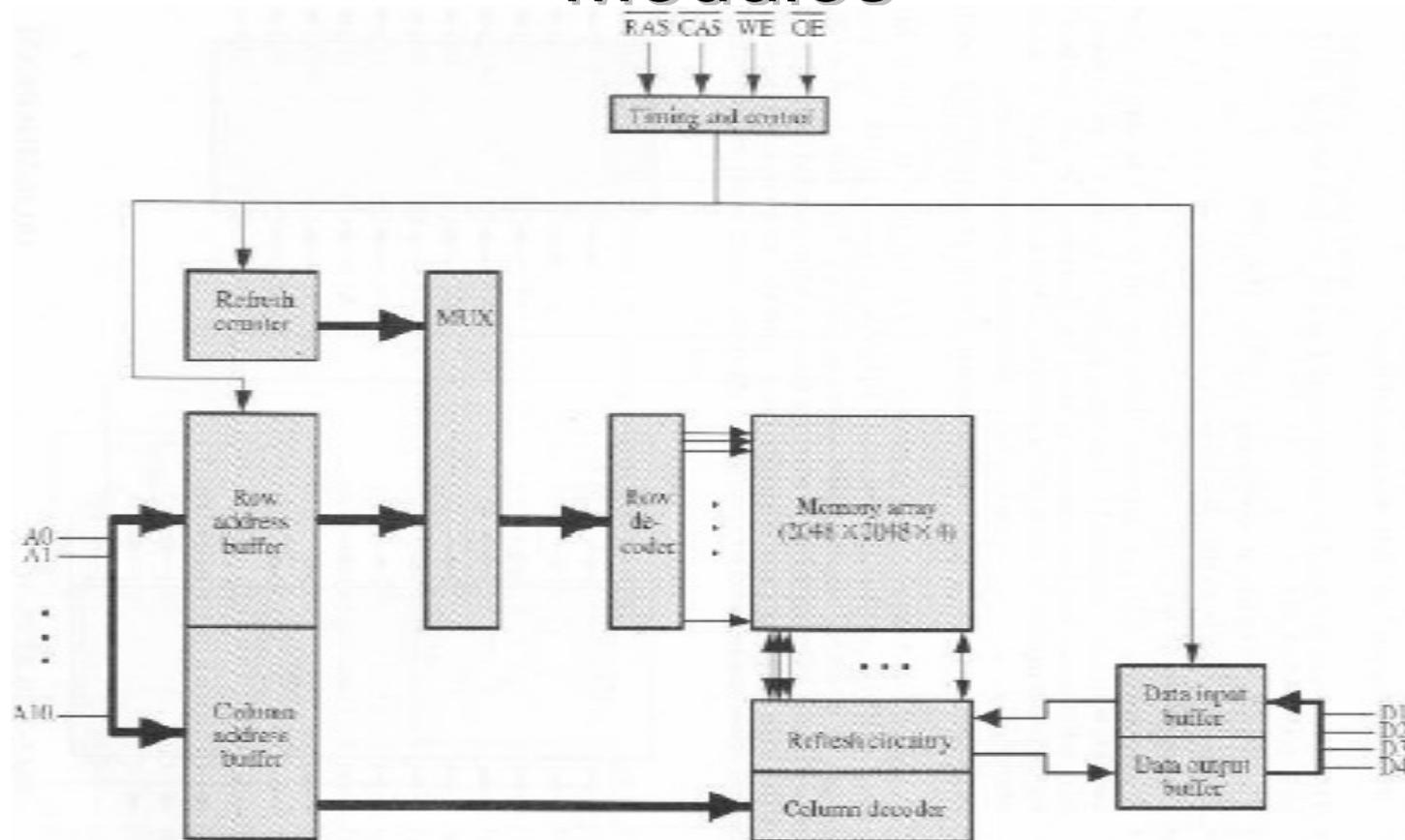
# Memória Principal – Lógica Interna



**Pastilha de memória DRAM de 16Mbits**

# Organização e Arquitetura de Computadores I

## Memória Principal – Organização em Módulos



# Memória Principal – Organização em Módulos

## ● Considerações:

- 4 bits são usados em cada operação de leitura e escrita;
- Memória logicamente organizada em quatro matrizes de 2.048 por 2.048 elementos;
- 11 bits de endereçamento;
- Multiplexador usado para combinar 11 bits (linha - RAS) e 11 bits (coluna - CAS) da matriz de elementos;
- Em uma operação de leitura, o valor de cada um dos 4 bits é passado por um amplificador de estado e é exibido na linha de dados correspondente.

# Correção de Erros

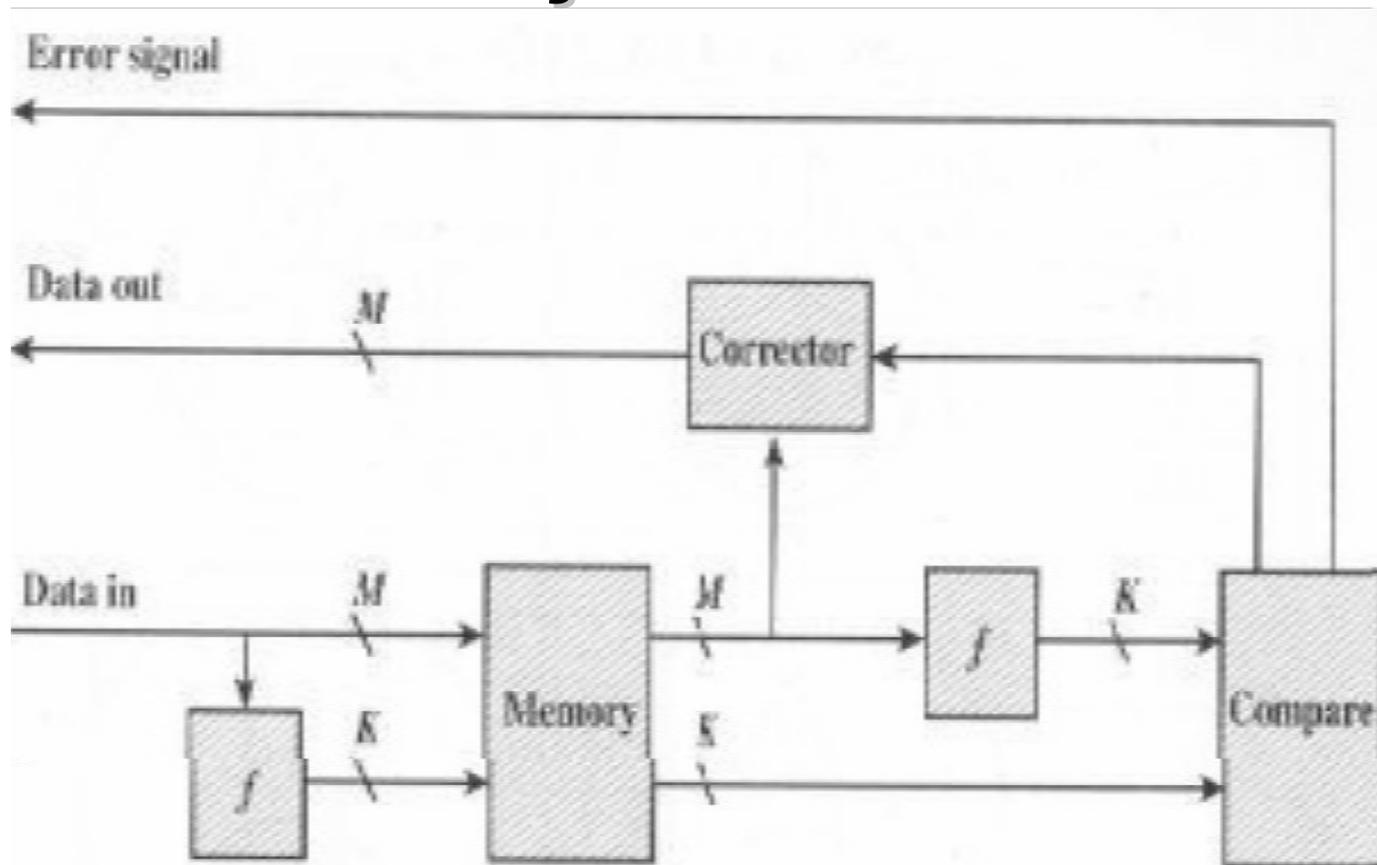
● Existem 2 tipos de Erros:

- **Falhas Graves:** constitui um defeito físico permanente, onde as células afetadas não são capazes de armazenar os dados com segurança, podendo permanecer sempre com o valor 0 ou 1. Podem ser causadas pelo uso excessivo em ambiente inadequado, por defeitos de fabricação ou por desgastes.
- **Erro Moderado:** é um evento aleatório e não-destrutivo, que altera o conteúdo de uma ou mais posições de memória sem danificar a memória. Podem ser causados por problemas de fornecimento de energia ou pela presença de partículas alfa.

# Correção de Erros

- Processo de detecção e correção de erros:
  - Quando um dado é armazenado na memória, é feito um cálculo envolvendo esse dado (função  $f$ ) para produção de um código;
  - O código é armazenado juntamente com os dados;
  - O tamanho final da palavra armazenada são os bits iniciais e o código para identificação de erros;
  - Quando a palavra é lida, o código é utilizado para detectar e, possivelmente, corrigir erros.

# Correção de Erros

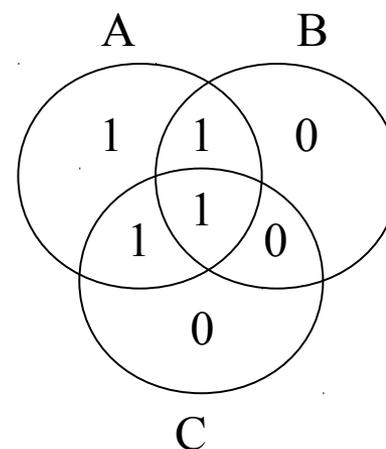
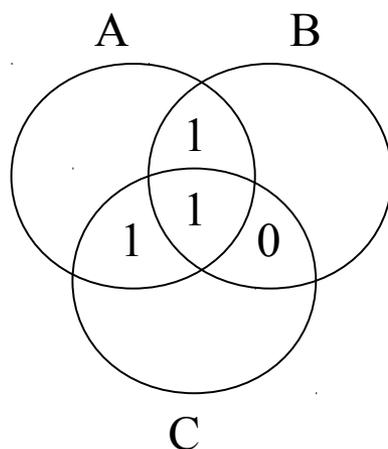


## Organização e Arquitetura de Computadores I

# Código de Correção de Erros de Hamming:

- 3 Círculos com 7 compartimentos, onde 4 bits são atribuídos a compartimentos internos

- Os compartimentos restantes são preenchidos com bits de paridade

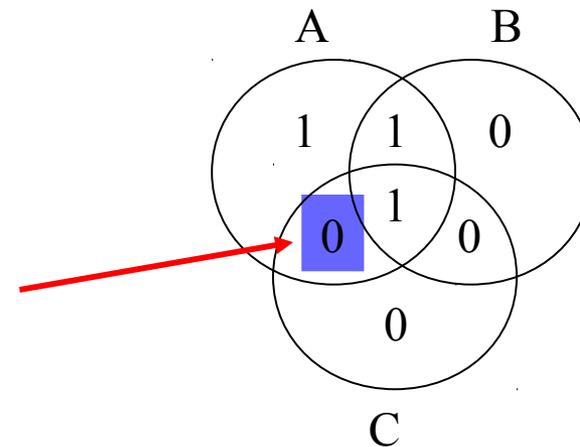
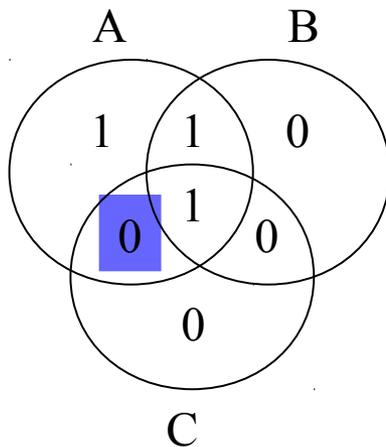


## Organização e Arquitetura de Computadores I

# Código de Correção de Erros de Hamming:

● Ocorre uma modificação de bits no círculo C devido um erro moderado ou uma falha grave.

● Detecção do erro e fácil localização do bit onde ocorre o erro.



# Correção de Erros

- Código de detecção e correção de erro único é denominado **SEC** – *single-error-correcting*.
- Código de detecção de erro duplo e correção de erro único **SEC-DED** – *single-error-correcting, double-error-detecting*.
- O uso de um código de correção de erros aumenta a confiabilidade da memória, ao custo de um acréscimo de complexidade.