



# Lógica digital e organização de computadores

Memória Principal e Organização



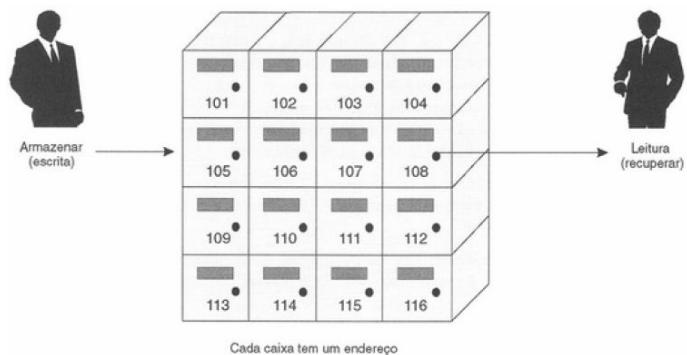
Campus de Alegre

# Introdução

## A memória

- “A memória é o componente de um sistema de computação cuja função é armazenar as informações que são (ou serão) manipuladas por esse sistema, para que possam ser prontamente recuperadas, quando necessário.”

Monteiro, 2007.



## A memória

- Na prática, em um sistema de computação não é possível construir e utilizar apenas um tipo de memória;
- Na verdade, a memória de um computador é em si um sistema, ou melhor, um subsistema, tendo em vista que é constituída de vários componentes (vários tipos diferentes de memória) interligados e integrados, com o objetivo de:
- armazenar informações e permitir sua recuperação quando requerido.

## A memória

- Demanda:
  - Rapidez
  - Grande capacidade
  - Baixo custo
- Solução: hierarquia de memória

# Conceitos Importantes

## Célula

- O elemento básico de armazenamento físico em uma memória é o bit.
- O modo pelo qual cada bit é identificado na memória é variado: pode ser um sinal elétrico, um campo magnético ou a presença de uma marca óptica.
- Para representar diferentes valores distintos e não somente 0 ou 1 os bit são agrupados = esse agrupamento é chamado de célula.
- Célula é um grupo de bits tratado em conjunto pelo sistema que possui um endereço.

## Endereço

- Identifica as células, uma a uma, por número.
- Memória (MP) é organizada, em grupos de bits (células) do endereço 0 até o endereço  $N - 1$ , sendo  $N$  a quantidade total de grupos.
- **Exemplo:**
  - Intel 8086/8088: 16 bits de palavra, barramento de endereços de 20 bits, célula de 8 bits (1 B).
  - Quantidade de células =  $2^{20} = 1\text{ M}$  células
  - Logo, o tamanho máximo da memória =  $1\text{ M} * 1\text{ B} = 1\text{ MB}$ .

## Endereço

- **Exemplo:**

- Intel Pentium: 32 bits de palavra, barramento de endereços de 32 bits, célula de 8 bits (1B).
- Quantidade de células =  $2^{32} = 2^2 * 2^{30} = 4G$  células
- Logo, o Tamanho máximo da memória =  $4G * 1B = 4GB$

- **Exemplo:**

- Intel 8086/8088: 16 bits de palavra, barramento de endereços de 20 bits, célula de 8 bits (1B).
- Quantidade de células =  $2^{20} = 1M$  células
- Logo, o tamanho máximo da memória =  $1M * 1B = 1MB$ .

## Subsistema de memória

Tempo de acesso

Capacidade

Volatilidade

Tecnologia de fabricação

Temporariedade

Custo

## Tempo de Acesso

- Indica quanto tempo a memória gasta para colocar uma informação no barramento de dados após uma determinada posição ter sido endereçada;
- É um dos parâmetros que pode medir o desempenho da memória;
- Também chamado de latência, se mede em números de clock necessários;
- Denominação: tempo de acesso para leitura (ou tempo de leitura).

## Tempo de Acesso

- Dependendo do modo como o sistema de memória é construído e da velocidade dos seus circuitos.
- Memórias eletrônicas – (RAM) igual, independentemente da distância física entre o local de um acesso e o local do próximo acesso - acesso aleatório (direto).
- Dispositivos eletromecânicos (discos, fitas, ..) - o tempo de acesso varia conforme a distância física entre dois acessos consecutivos - acesso sequencial.

## Capacidade

- Quantidade de informação que pode ser armazenada em uma memória;
- Unidade de medida mais comum - byte, podem ser usadas outras unidades como células (no caso de memória principal ou cache), setores (no caso de discos) e bits (no caso de registradores).
- Dependendo do tamanho da memória, isto é, de sua capacidade, indica-se o valor numérico total de elementos de forma simplificada, através da inclusão de K (kilo), M (mega), G (giga) ou T (tera).

## Volatilidade

- Memórias podem ser do tipo volátil ou não volátil.
- Memória não volátil - retém a informação armazenada quando a energia elétrica é desligada. Ex.: Discos, Fitas.
- Memória volátil - perde a informação armazenada na ausência de energia elétrica. Ex.: Registradores, Memória Principal.
- É possível manter a energia em uma memória originalmente não volátil - uso de baterias.

## Tecnologias de fabricação

- Memórias de semicondutores
- Memórias de meio magnético
- Memórias de meio óptico

## Temporariedade

- Indica o conceito de tempo de permanência da informação em um dado tipo de memória.
- Classificação:
- Armazenamento permanente. Ex.: Discos, disquetes.
- Armazenamento transitório (temporário). Ex.: registradores, memória cache, memória principal.

## Custo

- Bastante variado em função de diversos fatores:
- tecnologia de fabricação
- ciclo de memória
- quantidade de bits em um certo espaço físico, etc.
- Uma boa unidade de medida de custo é o preço por byte armazenado, em vez do custo total da memória em si.

## Tipos de memória

- **Memória primária:** é onde os processos (programas em estado de execução) e os seus dados são armazenados para serem processados pela CPU. É formada por dispositivos de memória de acesso rápido, com armazenamento de um menor volume de dados, que em geral, não conseguem guardar a informação quando são desligados;
- **Memória secundária:** é onde os arquivos e dados são armazenados. É formada por dispositivos de acesso mais lento, capazes de armazenar permanentemente grandes volumes de dados.

# Hierarquia de Memória

Um diagrama hierárquico que mostra a estrutura da memória.

O topo da hierarquia é a Memória RAM.

Embaixo da RAM está o disco rígido.

Na base da hierarquia está a memória ROM.

As setas apontam de baixo para cima, indicando que a informação é armazenada no nível superior.

A hierarquia é representada por uma escala de azul, com a RAM no topo e a ROM na base.

O diagrama ilustra que a RAM é a memória mais rápida e tem maior capacidade de armazenamento.

A ROM é a memória mais lenta e tem menor capacidade de armazenamento.

# Hierarquia de Memória



## Hierarquia de Memória

- A organização da memória com essa hierarquia é adequada, pois os programas usam o princípio da localidade:
- **Temporal**
  - Acessam periodicamente os mesmos conjuntos de dados. Se um local de dados é acessado, ele tenderá a ser acessado novamente em breve;
- **Espacial**
  - Acessam dados que ficam próximos uns dos outros. Se um local de dados é acessado, os dados com endereços próximos tenderão a ser acessados em breve;

## Registradores

- São dispositivos (elementos computacionais) capazes de receber dados, mantê-los armazenados por um curto período de tempo e transferi-los para outro dispositivo;
- São, portanto, elementos de armazenamento temporário;
- Os registradores fazem parte da CPU;
- São extremamente rápidos e armazenam grupos reduzidos de bits.

## Registradores

- Tempo de acesso = ciclo de memória - 1 a 2 ns
- Capacidade - um único dado, uma única instrução, um único endereço - 8 a 128 bits
- Volatilidade - volátil
- Tecnologia - semicondutores, igual à do processador.
- Temporariedade - transitória
- Custo - alto



## Cache

- O uso de cache é uma forma de implementar a hierarquia de memória. A cache contém uma cópia de partes da memória principal que foram acessadas recentemente ou que estão localizadas próximas às áreas acessadas recentemente.
- Cache é um dispositivo interno a um sistema que serve de intermediário entre uma CPU e o dispositivo principal de armazenamento (MP);

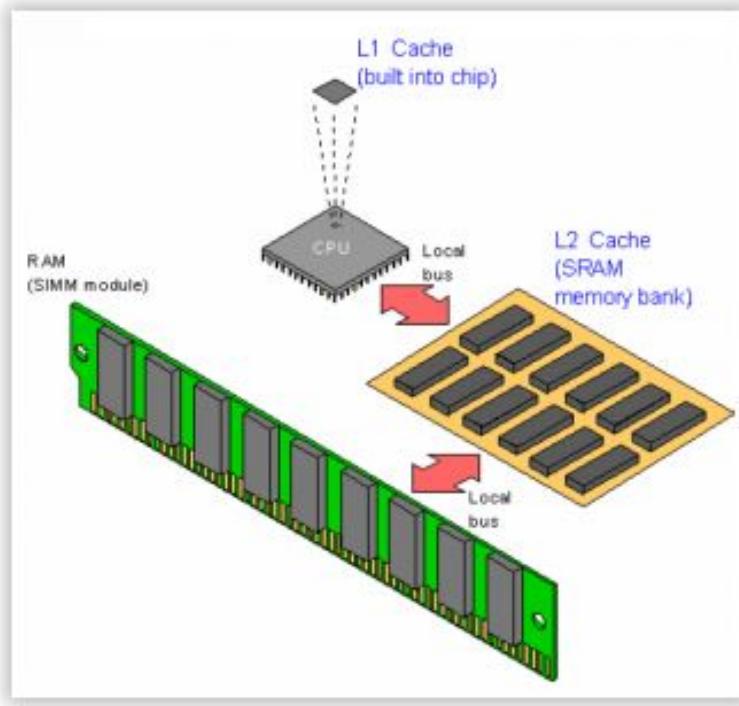
## Cache

- A idéia principal é que o acesso a MP pode ser demorado e vale a pena armazenar as informações mais procuradas em meio mais rápido;
- Memória Cache: memória pequena (capacidade de armazenamento) e rápida;
- Contém os dados e/ou instruções mais recentemente referenciados pelo processador.

## Cache

- Quando um processador precisar de uma palavra de memória, ele primeiro busca essa palavra na cache;
- Somente no caso de ela não estar armazenada na cache é que a busca se dará na memória principal;
- Se uma parte substancial dos acessos for satisfeita pela cache, o tempo médio de acesso a uma palavra em memória será pequeno, próximo ao tempo de acesso à cache;
- Em alguns computadores podem existir diversos níveis de cache

# Cache



## Memória Principal

- Armazena dados e programas para execução.



## Memória Principal

- **Tempo de acesso** = ciclo de memória: 50 a 80 ns
- **Capacidade**: com processadores com barramento de endereços de 64 bits, o valor máximo é de 16 EB (exabytes = 1 milhão de TB)
- **Volatilidade**: volátil
- **Tecnologia**: Semicondutores. Memória com elementos dinâmicos (DRAM)
- **Temporariedade**: transitória
- **Custo**: R\$0,07 e R\$0,03 por MB

## Memória Secundária

- **Memória secundária:** memória de massa.
- **Objetivo:** garantir armazenamento permanente.
- **Tempo de acesso:** 2 a 15 ms (HD), 120 a 300 ms (DVDs), 0,1 a 0,2 ms (SSD)
- **Capacidade:** grande
- **Volatilidade:** não-volátil
- **Tecnologia:** variados
- **Temporariedade:** permanente
- **Custo:** menor e variado

# Memórias RAM

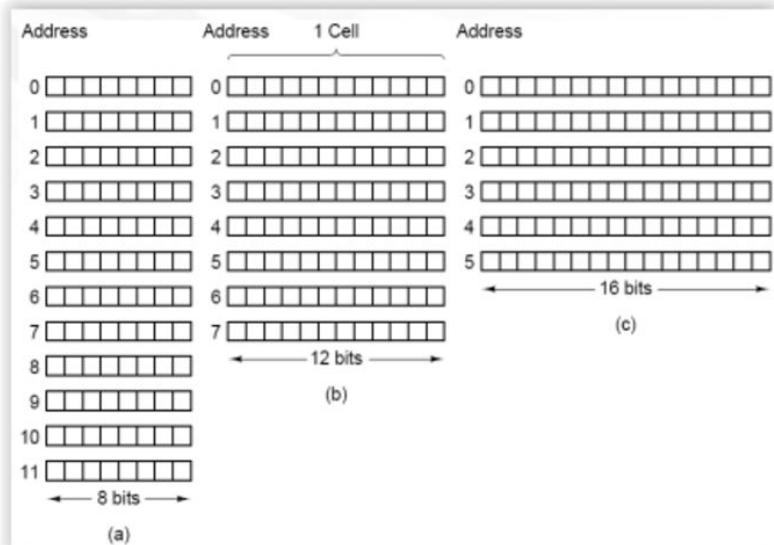
## Memória RAM

- O nome RAM vem da sigla em inglês para Random Access Memory, e ela possui um tempo constante de acesso a qualquer endereço;
- Leitura e Escrita.



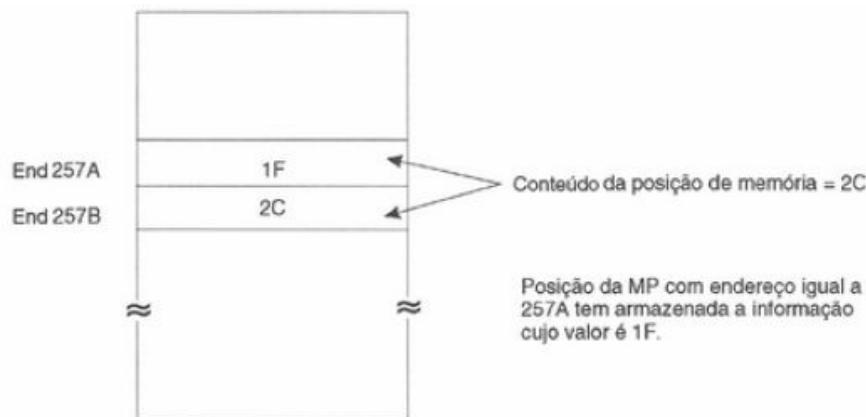
## Memória RAM

- A memória é formada por um conjunto de células;
- Todas as células de uma memória têm o mesmo número de bits;
- Cada célula tem um endereço;
- Normalmente 8 bits



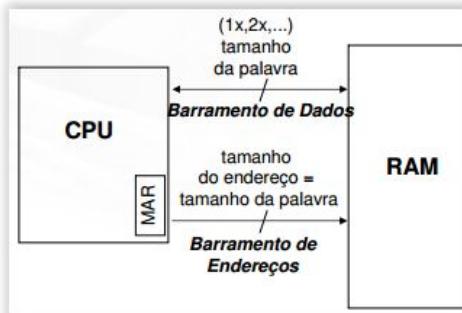
## Memória RAM

- Se a memória tiver n células, elas terão endereços de 0 a  $(n-1)$ ;
- Se uma célula tiver k bits, ela poderá armazenar qualquer uma das  $2^k$  combinações possíveis para os bits;



## Memória RAM (Registrador)

- Os computadores modernos agrupam as células (ou bytes) em Palavras;
- Ex: uma palavra de 32 bits tem 4 bytes (ou 4 células);
- Nesses computadores, a Palavra é a parte mínima de dados que podem ser transferidos de/para a memória (MP);
- A informação na palavra pode ser um dado ou uma instrução



## Memória RAM (Registrador)

- “Processadores de 32 bits” têm palavras de 32 bits;
- Os registradores são de 32 bits
- As instruções são (em geral) de 32 bits;
- Cada instrução deve tratar palavras de 32 bits
- Movimentar, somar subtrair... dados armazenados em registradores de 32 bits;

## Tipos de RAM

- A memória RAM pode ser de dois tipos:
  - **SRAM (Static Random Access Memory)**
    - A SRAM é uma memória formada por seis transistores para armazenar cada bit. É mais rápida, possui maior custo e consome mais energia que a DRAM.
  - **DRAM (Dynamic Random Access Memory)**
    - A DRAM é uma memória formada por um capacitor e um transistor para armazenar cada bit. É utilizada na memória principal por possuir menor custo e consumir menos energia, apesar de ser mais lenta que a SRAM.

## Tipos de RAM

- **EDO DRAM (Extended Data Out)**
  - Nesse tipo de memória, enquanto o processador fosse lendo um dado, a memória já procuraria outro. Os tempos de acesso destas memórias eram geralmente de 60 e 70ns. Utilizada nos computadores Pentium, Pentium MMX;
- **SDRAM (Synchronous DRAM)**
  - Tem seu funcionamento sincronizado com o do chipset através de um clock. Os tempos de acesso destas memórias eram geralmente entre 6 e 15ns. Utilizada nos computadores Pentium, Pentium MMX e superiores.

## Tipos de RAM

- **DDR SDRAM (Double Data Rate)**
  - Em um processador com clock externo de 100 MHz, o chipset também opera em 100 MHz, assim como a DDR SDRAM. A diferença para a SDRAM comum é que a DDR realiza duas transferências por ciclo de clock. Utilizada nos computadores Athlon, Pentium IV, Celeron, Duron e similares, com módulos de 64 bits e uma taxa de transferência típica de 1,6 GB/s.

# Tipos de RAM

- **DDR2 SDRAM**
  - Operam internamente entre 100 a 266 MHz realizando quatro transferências por ciclo de clock. Utilizada nos computadores Pentium IV e superiores, com módulos de 64 bits, com uma taxa de transferência entre 3,2 GB/s e 10,4 GB/s;
- **DDR3 SDRAM**
  - Operam internamente entre 100 e 266 MHz realizando oito transferências por ciclo de clock. Utilizada nos computadores Core2Duo e superiores, com módulos de 64 bits a uma taxa de transferência entre 6,4 GB/s e 19,2 GB/s.

# Tipos de RAM

- **DDR4 SDRAM**
  - As memórias DDR4 podem chegar a 25,6 GB/s. Tensão de 1,2 volts de alimentação. Velocidade até 3.200Mhz
- **DDR5 SDRAM**
  - 4.800 MHz em módulos mais baratos com padrão DDR5 até 8.400 MHz nas opções mais caras no futuro. 38,4 GB/s com previsão de alcançar 51,2 GB/s.

# Memórias ROM

## Memória ROM

- ROM (Read Only Memory) significa memória somente para leitura. É um tipo de memória que, em uso normal, aceita apenas operações de leitura, não permitindo a realização de escritas.
- Outra característica da ROM é que seus dados não são perdidos quando ela é desligada (memória não volátil).

# Tipos de ROM

- **ROM (Read Only Memory)**
  - É o tipo mais simples. Seus dados são gravados durante o processo de fabricação do chip. Não há como modificar ou apagar o seu conteúdo;
- **PROM (Programable Read Only Memory)**
  - É um tipo de memória ROM, com uma diferença: pode ser programada em laboratório, através de um gravador especial. Esse tipo de gravação é feito através da “queima” de elementos microscópicos, que são como pequenos fusíveis, feitos de material semicondutor. Esse processo é irreversível. Sendo assim não há como apagar o seu conteúdo;

## Tipos de ROM

- **EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)**
  - É uma ROM programável, que pode ser apagada e regravada. Seus dados podem ser apagados através de um feixe de luz ultravioleta de alta intensidade. Esses raios são obtidos em um aparelho especial chamado “apagador de EPROMs”. A programação do chip é realizada com o uso de um aparelho chamado de “gravador de EPROMs”;

## Tipos de ROM

- **EEPROM (Electrically Eraseable Programmable Read Only Memory)**
  - São ROMs que podem ser regravadas através da aplicação de voltagens de programações especiais. Em uso normal, essa voltagem não chega até o chip, e seus dados permanecem inalteráveis. Este tipo especial de ROM tem sido utilizado nas placas-mãe desde a década de 1990 para armazenar o seu BIOS (Basic Input/Output System ou Sistema Básico de Entrada/Saída). Pelo fato de serem alteráveis, permitem realizar atualizações do BIOS, através de programas especiais que ativam os seus circuitos de gravação.

# Tipos de ROM

- **Flash ROM**
  - A Memória flash ou flash ROM é um tipo de EEPROM, também sendo apagada via eletricidade. O que a difere é sua incapacidade de excluir apenas um dado; na flash, é necessário reprogramar todo o seu conteúdo.
  - A memória flash mais comum no dia a dia é a NAND. Ela está presente em pendrives, cartões de memória, SSDs, servindo ao usuário comum para transferência de dados.