

# **- SISTEMAS MICROPROCESSADOS -**

## Introdução

**Todo Sistema Computacional possui duas partes: *hardware* e *software***

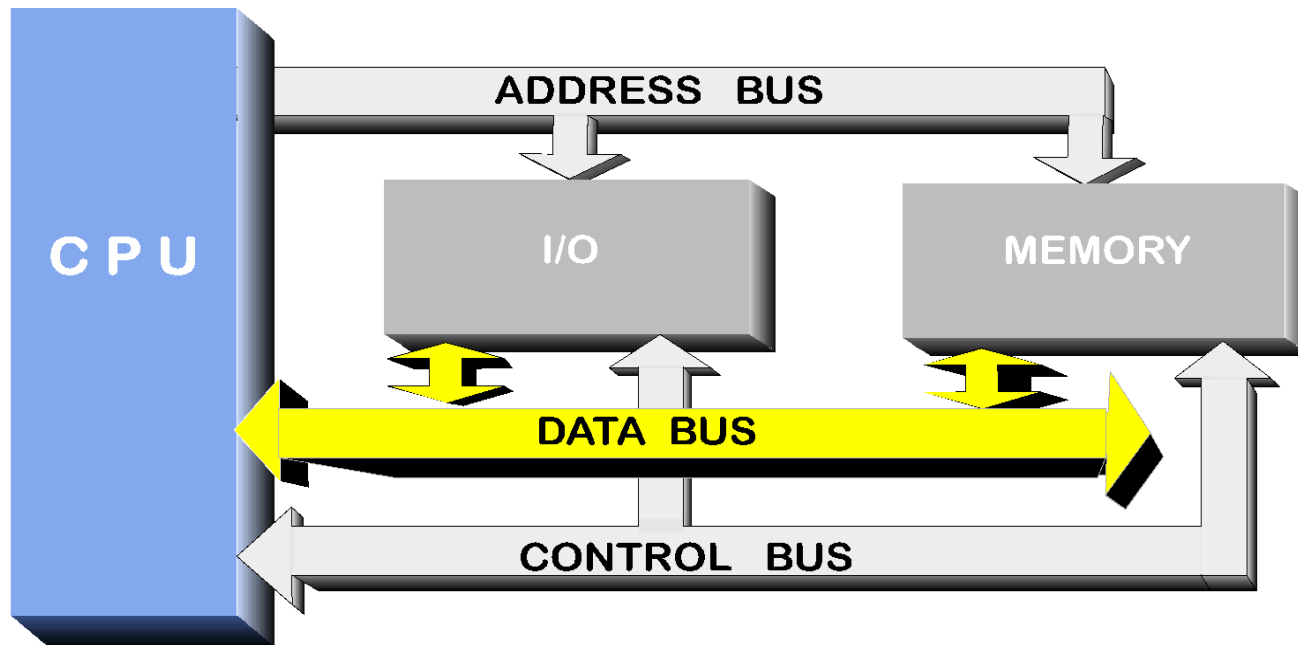
***Hardware:*** parte física, composta por componentes eletrônicos discretos (resistores, capacitores, transistores) e integrados (portas lógicas, latches, flip-flops, contadores, memórias), responsável por executar as instruções solicitadas pelo *software*.

***Software:*** parte lógica, composta por instruções, que permite gerar diferentes aplicações com um mesmo *hardware* devido às combinações das instruções possíveis de serem executadas.

**Microcontroladores são partes integrantes de sistemas embarcados. Sistemas embarcados são caracterizados por um *hardware* específico e um *software* específico, conhecido como *firmware*.**

## Hardware

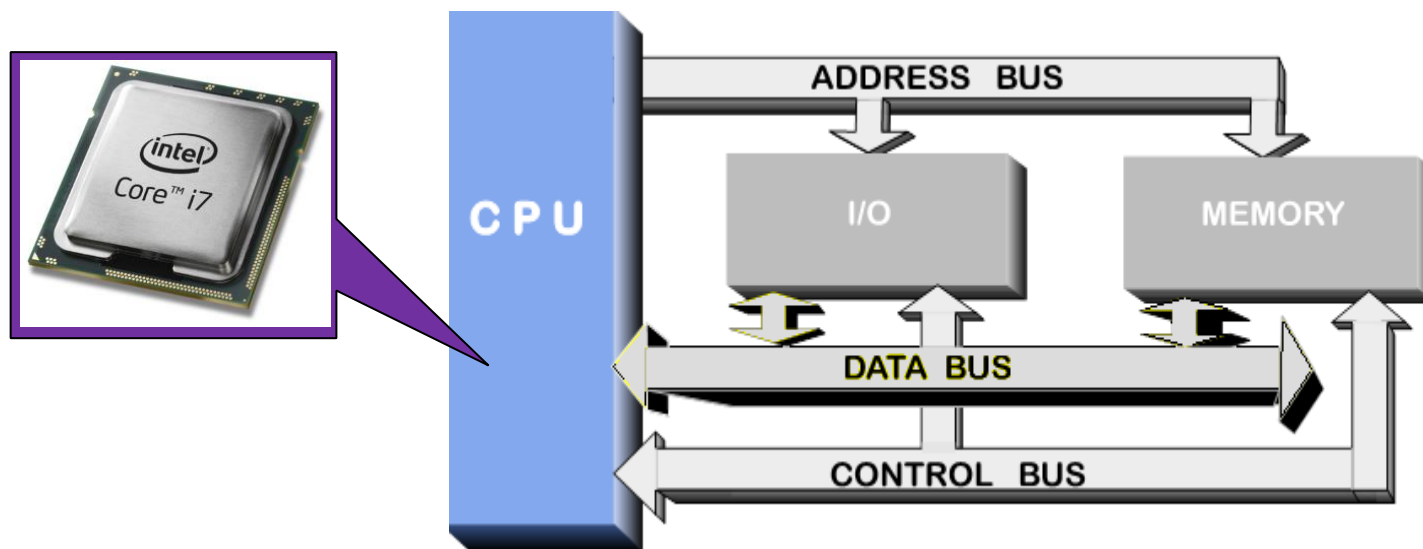
Todo Sistema Computacional tem seu *Hardware* organizado segundo a estrutura básica apresentada abaixo.



Em um Microcontrolador toda esta estrutura é encapsulada em um único chip.

## Hardware – CPU

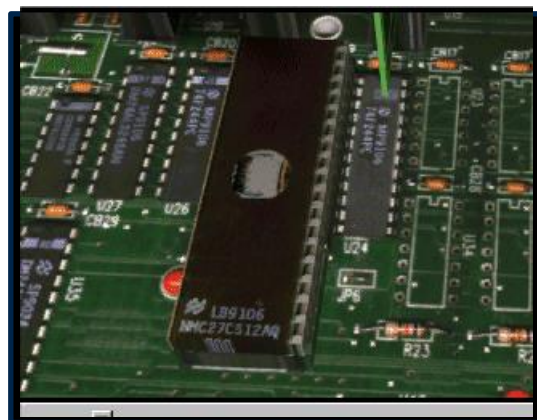
CPU = Unidade Central de Processamento



A CPU é responsável pela controle de todo o Sistema e pela manipulação dos dados.

Em um Microcomputador a CPU é implementada por um único chip, o Microprocessador ou núcleo (*core*). Exs.: ARM, Atom, Core 2 Duo, Core i7, ...

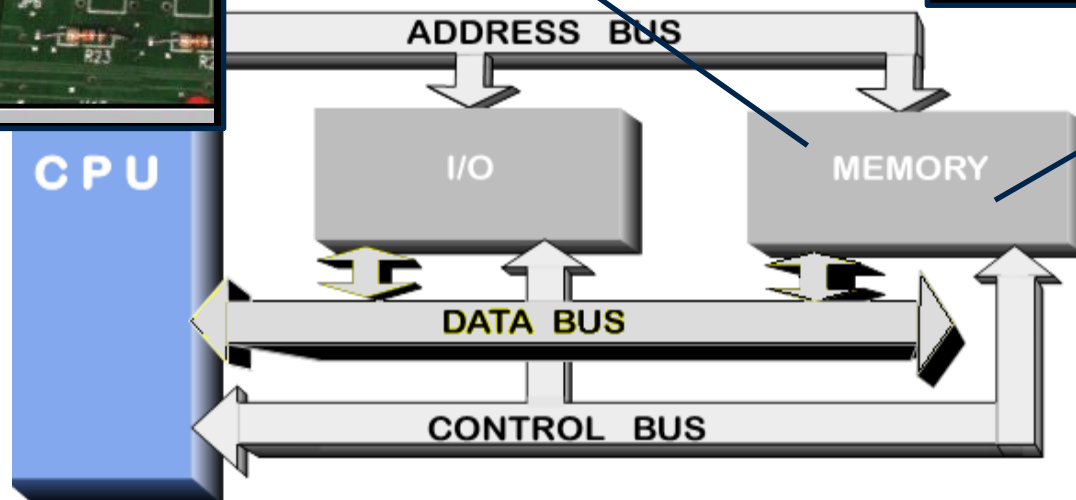
## Hardware - Memórias



**ROM:**  
Programa



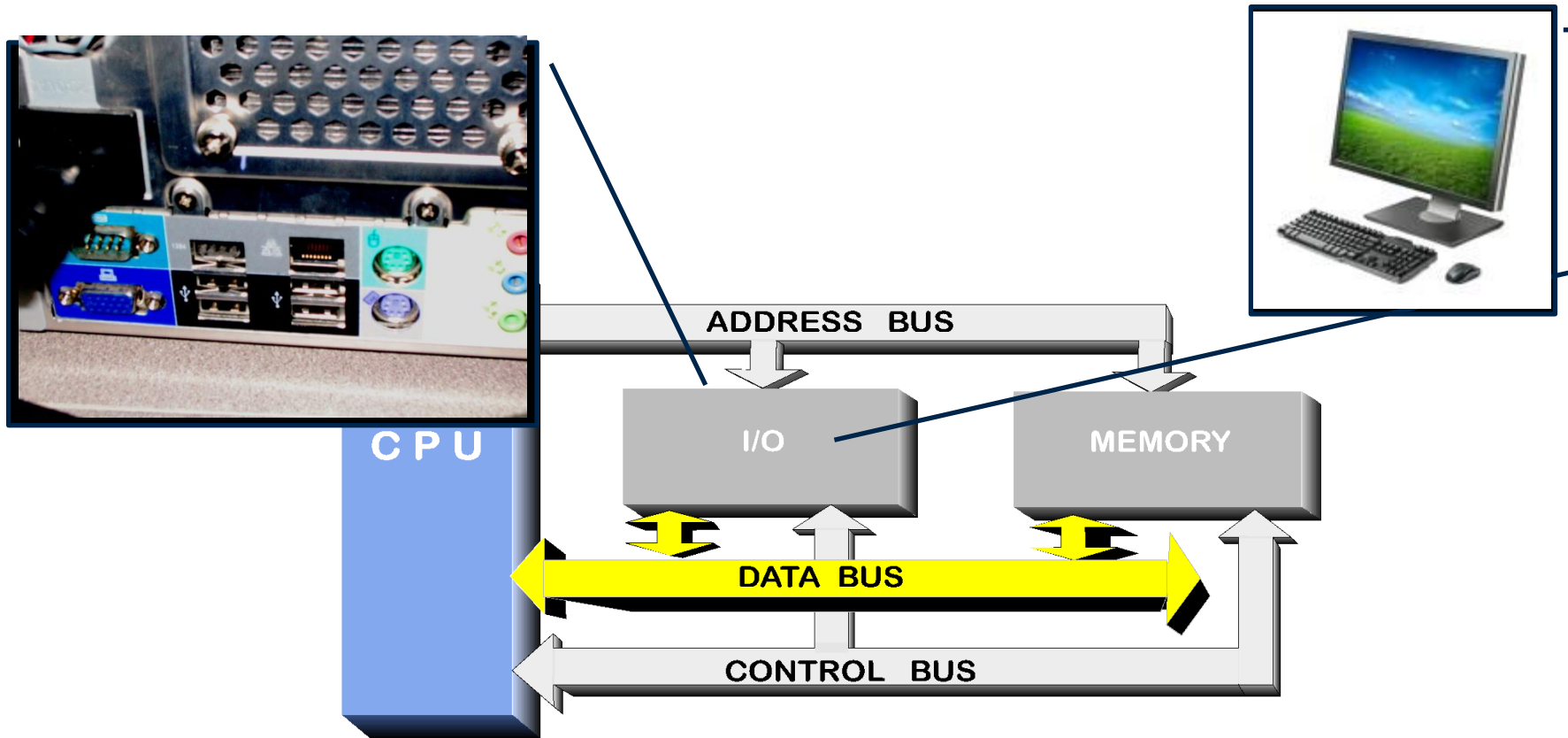
**RAM:**  
Memória de dados



As Memórias armazenam não só os dados que serão manipulados, mas também o próprio programa (*software*) a ser executado pela CPU.

Tipos: ROM, RAM

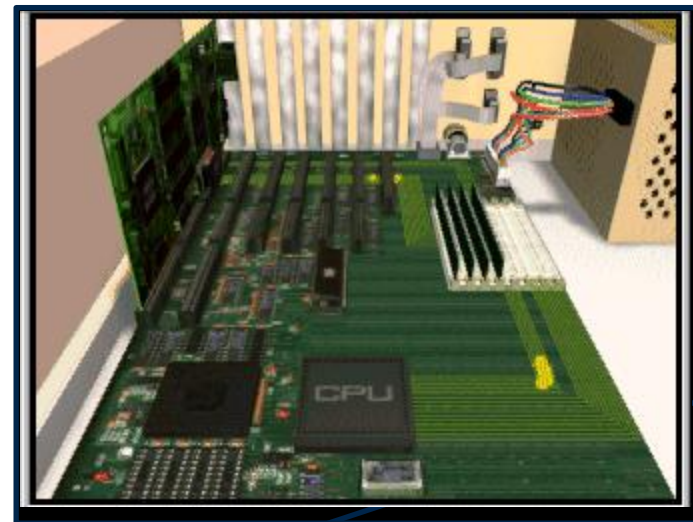
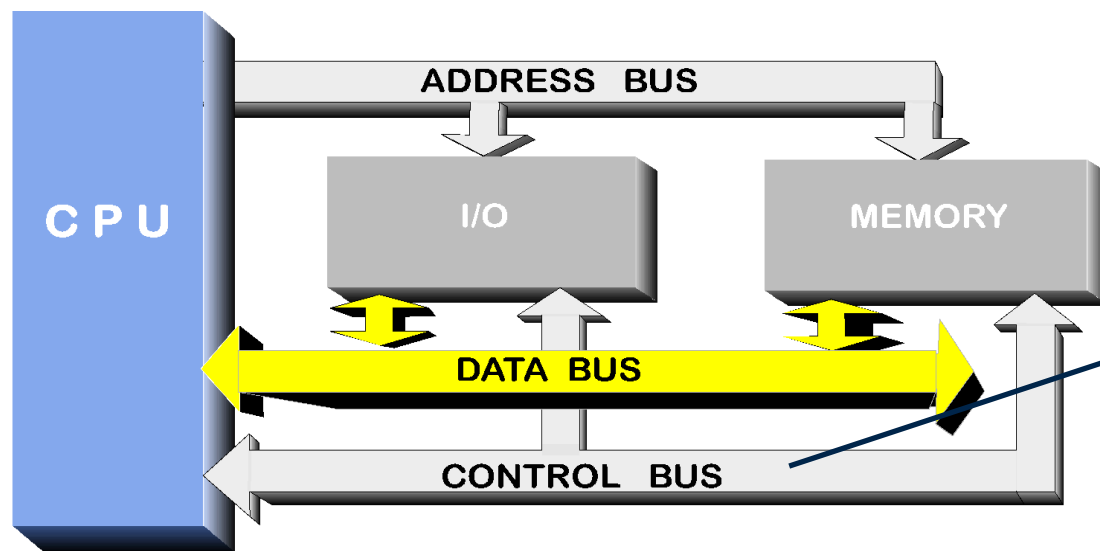
## Hardware – I/O (Dispositivos de Entrada e Saída)



Os periféricos são os vários tipos de dispositivos que permitem a comunicação entre o sistema e o exterior, através das portas.

As portas estabelecem padrões para os periféricos serem conectados ao sistema.

## Hardware - Barramentos

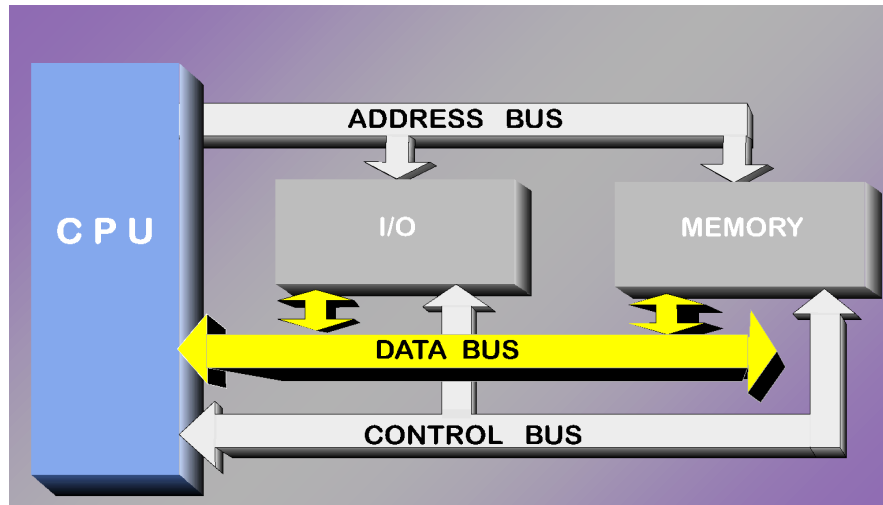


Os barramentos (dados, endereço e controle) fazem a interconexão entre os blocos básicos.

Em geral, o número de bits do barramento de dados determina a categoria do microcontrolador: 4 bits, 8 bits, 16 bits, 32, 64 bits.

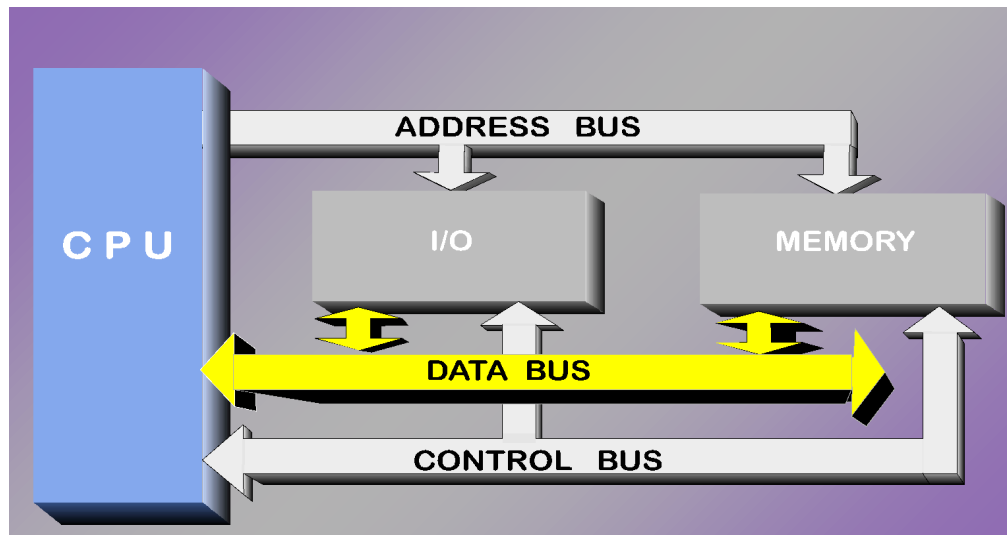
## Hardware - Barramentos

**Barramentos** → fazem a interconexão de todas as partes do Sistema Computacional



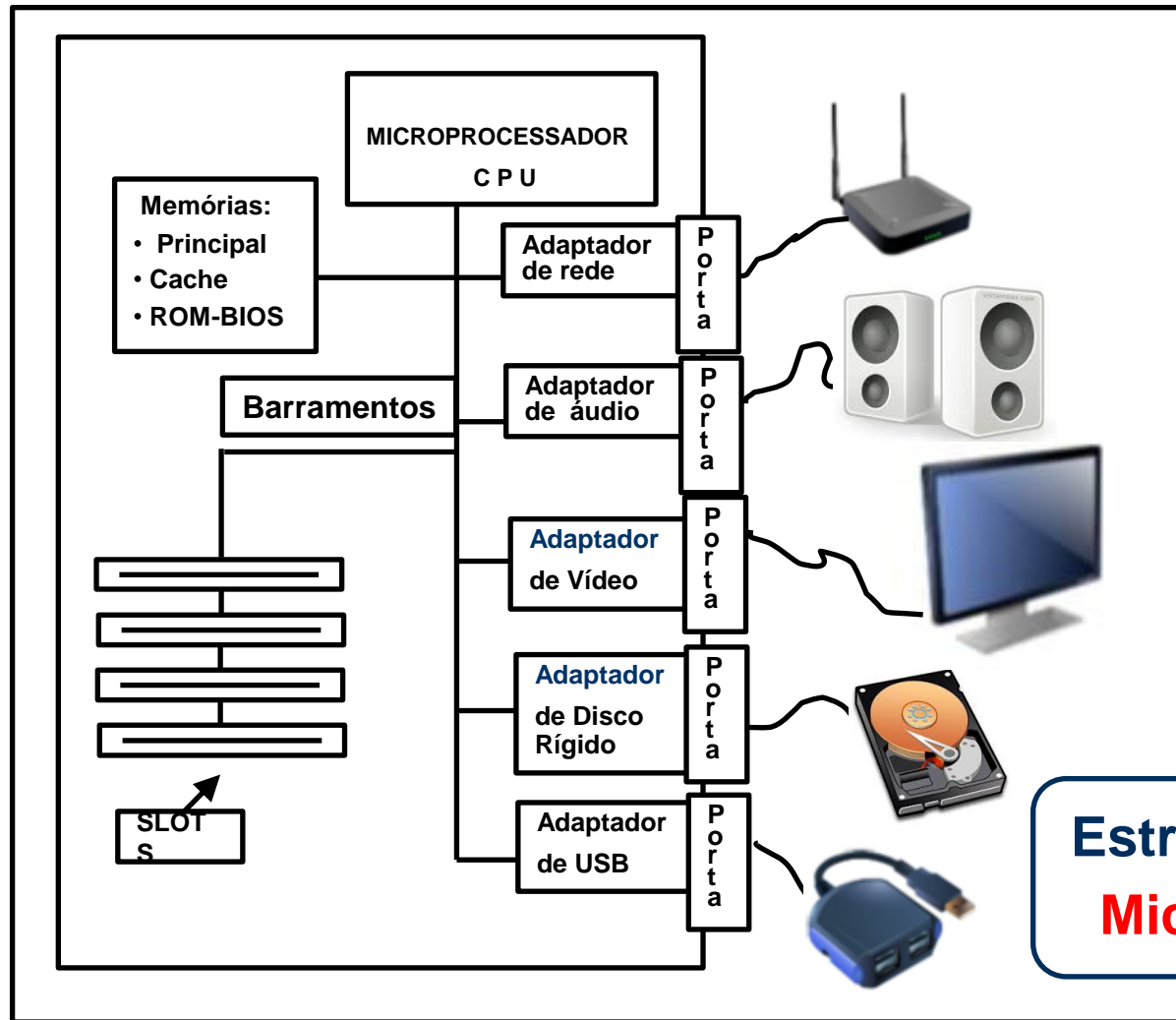
- **Dados** → por onde trafegam os dados (Bi-direcional)
  - Capacidade de manipulação de dados
    - 8 bits → valores de 0 a 255
    - 16 bits → valores de 0 a 655
    - 32 bits → valores de 0 a 4.294.967.295



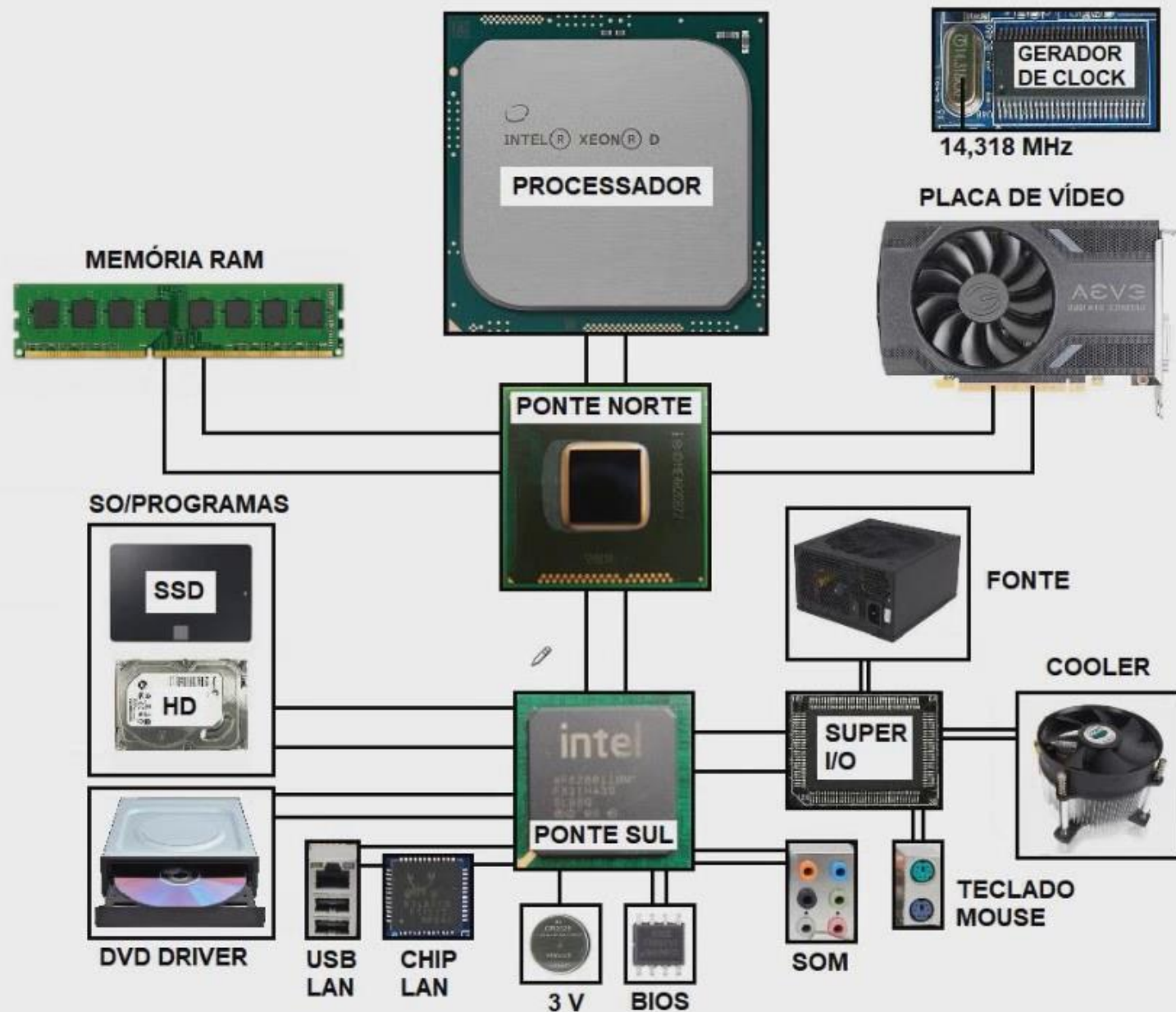


- **Endereços** → indica qual dispositivo será acessado
  - Capacidade de endereçamento da CPU
    - $16 \text{ bits} = 2^{16} = 65.536 \text{ (64K)}$  endereços de memória ou portas de I/O
    - $32 \text{ bits} = 2^{32} = 4.294.967.296 \text{ (4G)}$  endereços
- **Controle** → determina a maneira como será feito o acesso aos dispositivos (Read/Write) e faz a sequenciação e sincronização dos sinais de controle internos e externos

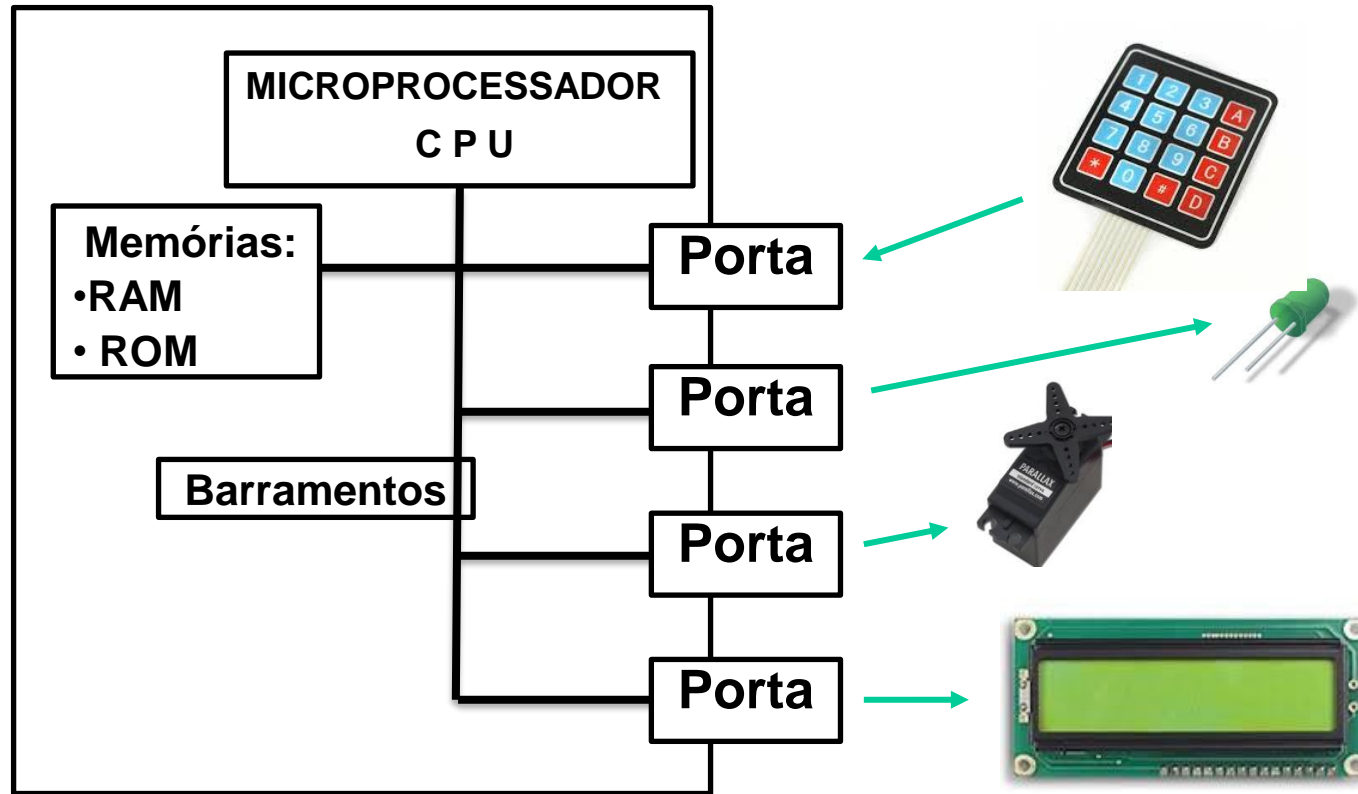
## Hardware – Comparação entre Sistemas



**Estrutura funcional:**  
**Microcomputador**



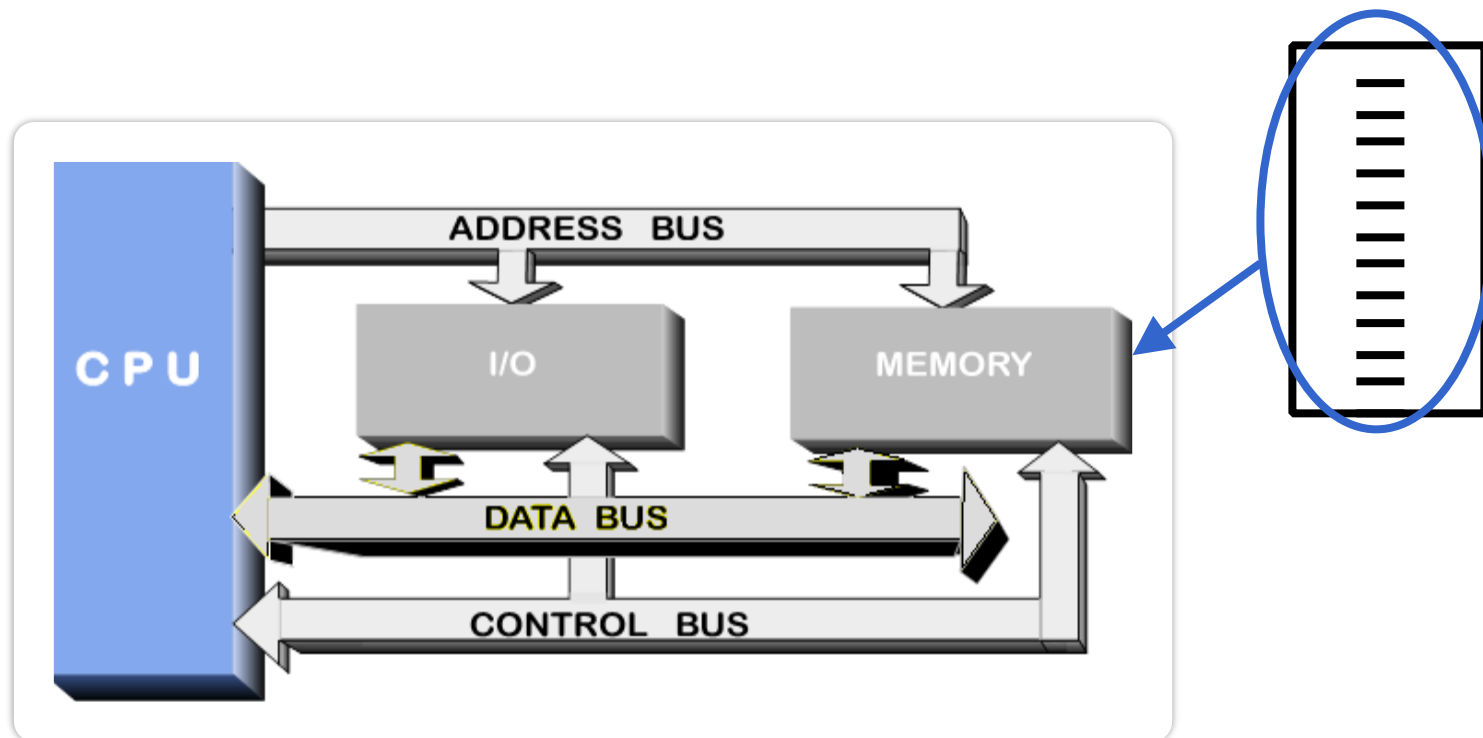
## Estrutura funcional de um **Microcontrolador**



Os Microcontroladores podem incorporar vários periféricos, tais como: conversores A/D e D/A, geradores PWM, interfaces seriais, USB, display TFT, CIs, entre outros.

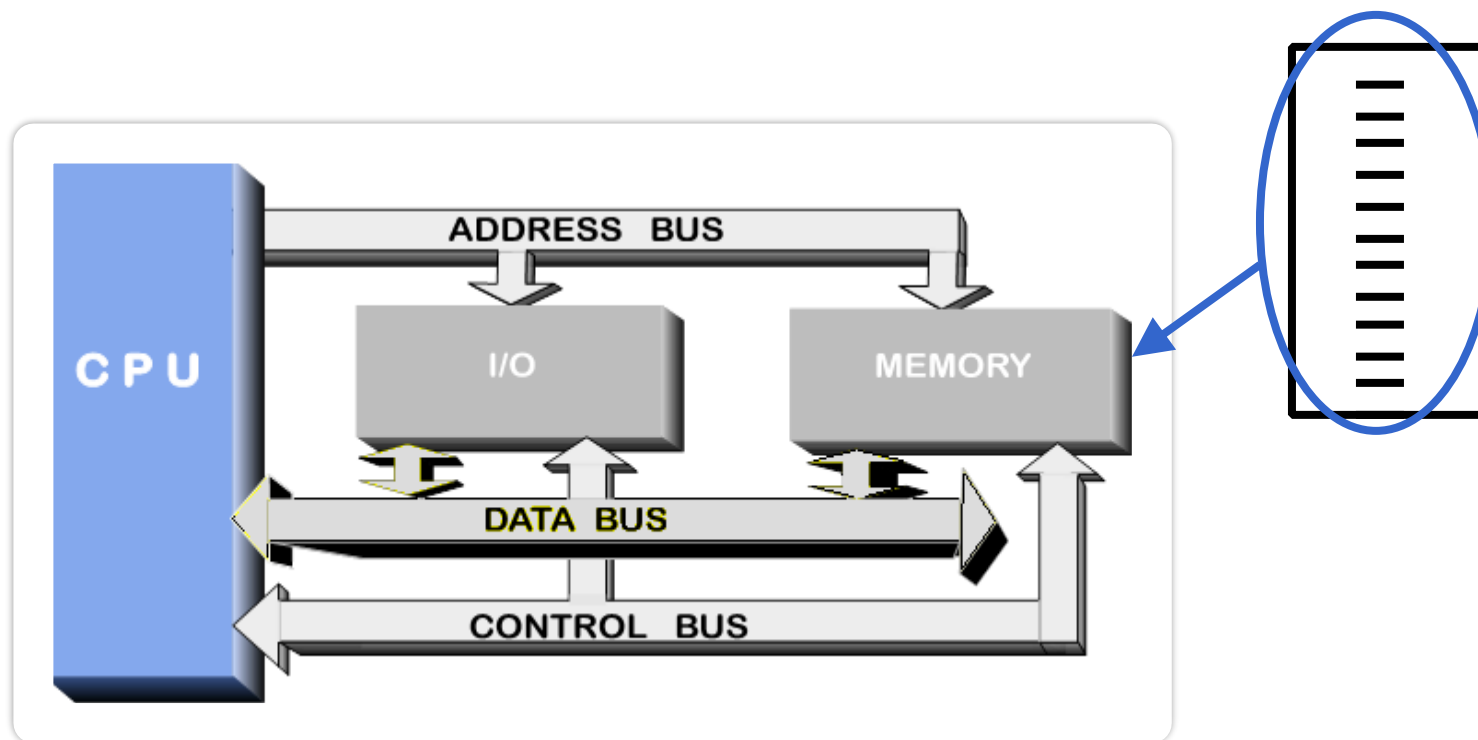
## Software - Conceituação

Um *software* ou *firmware*, neste caso, é composto por uma combinação de instruções que a CPU é capaz de executar de forma independente, que fica armazenado na memória ROM (não-volátil) do sistema.



## Software - Conceituação

As instruções nada mais são que códigos binários reconhecidos pela CPU. Cada código binário possui um significado para a CPU, ou seja, quando a CPU recebe esse código, ela interpreta e executa aquela função específica. Ex.: somar dois números, ler uma informação de uma porta de entrada, escrever uma informação na porta de saída.



# Memórias

## ROM / RAM

### *Terminologia, Tipos e Circuitos*

## Memórias - Conceitos Básicos e Terminologia

**Memória** → todo dispositivo capaz de armazenar informações.

**Célula de memória** → dispositivo capaz de armazenar um único bit (0 ou 1). Como célula de memória podemos citar o flip-flop, um capacitor, um ponto magnético em um disco, etc.

**Palavra de memória** → um conjunto de bits que representa instruções ou dados armazenados.

Ex: um registrador composto por 8 flip-flops tem a capacidade de armazenar uma palavra de 8 bits (1 byte).

**Endereço** → um número que identifica a posição de uma palavra na memória.



## Memórias - Conceitos Básicos e Terminologia

Ex: uma memória de 8 endereços de armazenamento possui 8 palavras, sendo que cada uma delas possui 8 bits.

**CUIDADO:** para representar os 8 endereços diferentes utilizamos 3 bits, pois cada combinação binária indica um endereço diferente.

<i>Endereço</i>	<i>8 bits</i>
000	Palavra 0
001	Palavra 1
010	Palavra 2
011	Palavra 3
100	Palavra 4
101	Palavra 5
110	Palavra 6
111	Palavra 7

## Memórias - Capacidade e Organização

**Capacidade** é o número total de bits que uma memória pode armazenar. Esta medida, muitas vezes, pode ser expressa em bytes (desde que seja múltiplo de 8 bits). Calcula-se por meio da multiplicação da quantidade de endereços pelo número de bits da palavra.

Exemplos:

1) Uma memória que possa armazenar 4.096 palavras de 20 bits.

**Capacidade total de armazenamento de:  $4.096 \times 20 = 81.920$  bits**

*Obs: Essa capacidade não pode ser expressada em bytes*

2) Uma memória que possa armazenar 65.536 palavras de 8 bits.

**Capacidade total de armazenamento de:  $65536 \times 8 = 524.288$  bits ou 65536 bytes ou 64 kbytes.**

*O símbolo “k” representa 1024 ( $65536/1024=64$ )*

**Organização** indica como a memória está estruturada internamente, separando a quantidade de endereços e a quantidade de bits de dados.

**Ex.:** 4096 x 8 indica uma memória que tem 4096 endereços e 8 bits de dados em cada endereço.

## Memórias - Conceitos sobre dispositivos

**Tempo de acesso** → É a quantidade de tempo necessário à efetivação de uma operação de leitura ou é o tempo decorrido entre o momento da recepção pela memória de um novo endereço e o instante em que a informação daquele endereço fica disponível. Ou seja, o tempo de acesso indica a velocidade de uma memória.

**Memória volátil** → tipo de memória que necessita de energia elétrica para reter as informações armazenadas. Quando a energia elétrica for interrompida toda a informação armazenada será perdida.

**Memória não-volátil** → tipo de memória que mantém os dados armazenados mesmo sem energia.

## Memórias - Conceitos sobre dispositivos

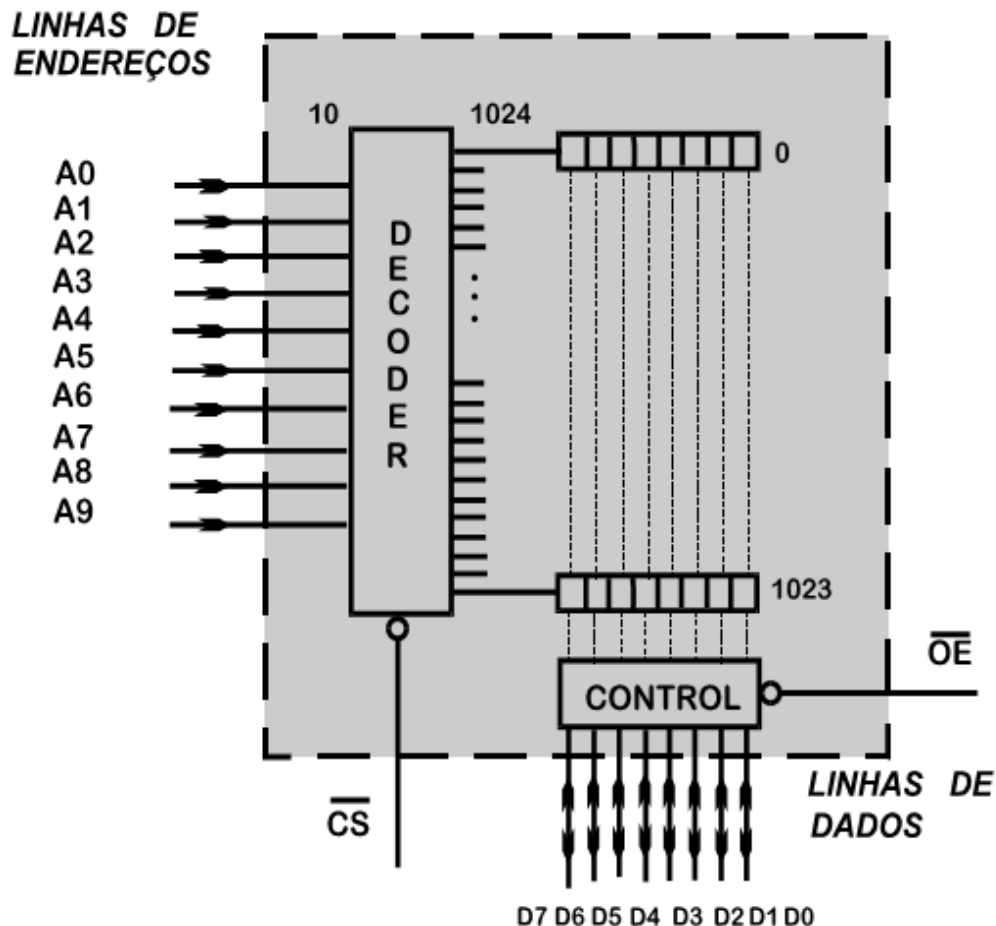
**Memória de acesso randômico (RAM)** → qualquer endereço pode ser lido ou escrito, sem a necessidade dos endereços anteriores serem acessados. Dessa forma, a localização física de uma palavra de memória não tem efeito sobre o tempo que se leva para ler ou escrever nesta posição, isto é, o tempo de acesso é constante para qualquer endereço da memória.

**Memória de Leitura/Escrita (RWM)** → Qualquer memória que possa ser lida ou escrita.

**Memória Somente de Leitura (ROM)** → Memória que pode ser gravada ou programada apenas uma vez, o que, na maioria das vezes, é feita na fábrica. Depois disso, a informação somente poderá ser lida.

## Memórias - Princípio de operação

Estrutura Interna



Símbolo Lógico

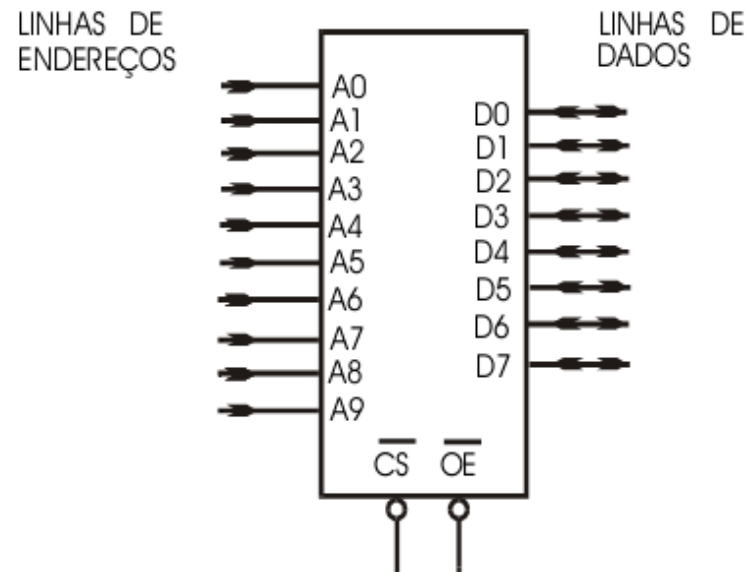


Tabela de Funcionamento

MODE	CONTROLS		DATA BUS
	CS/	OE/	
disable	H	X	HI-Z
read	L	L	OUT
write	L	H	IN

## Memórias - Exercícios

- 1) Uma memória com organização de 4096 x 8 bits possui qual capacidade de armazenamento? E uma com organização de 8192 x 14 bits?
- 2) Existem duas memórias que diferem somente no tempo de acesso. A memória A tem um  $t_{acc}=100ns$  e a memória B tem um  $t_{acc}=200ns$ . Qual você escolheria para usar se o fator a ser analisado é tempo de resposta? Justifique.
- 3) Descreva as diferenças entre memórias voláteis e não-voláteis.
- 4) Uma memória que apresenta 10 pinos de endereços, nomeados como A0 a A9, e 8 pinos de dados, nomeados de D0 a D7, possui qual capacidade? Qual a sua organização?
- 5) Desenhe o símbolo lógico de uma memória que apresenta 5 bits de endereços e 4 bits de dados. Os pinos de controle de modo de operação são RD, WR e CE.

## Memórias – Tipo ROM

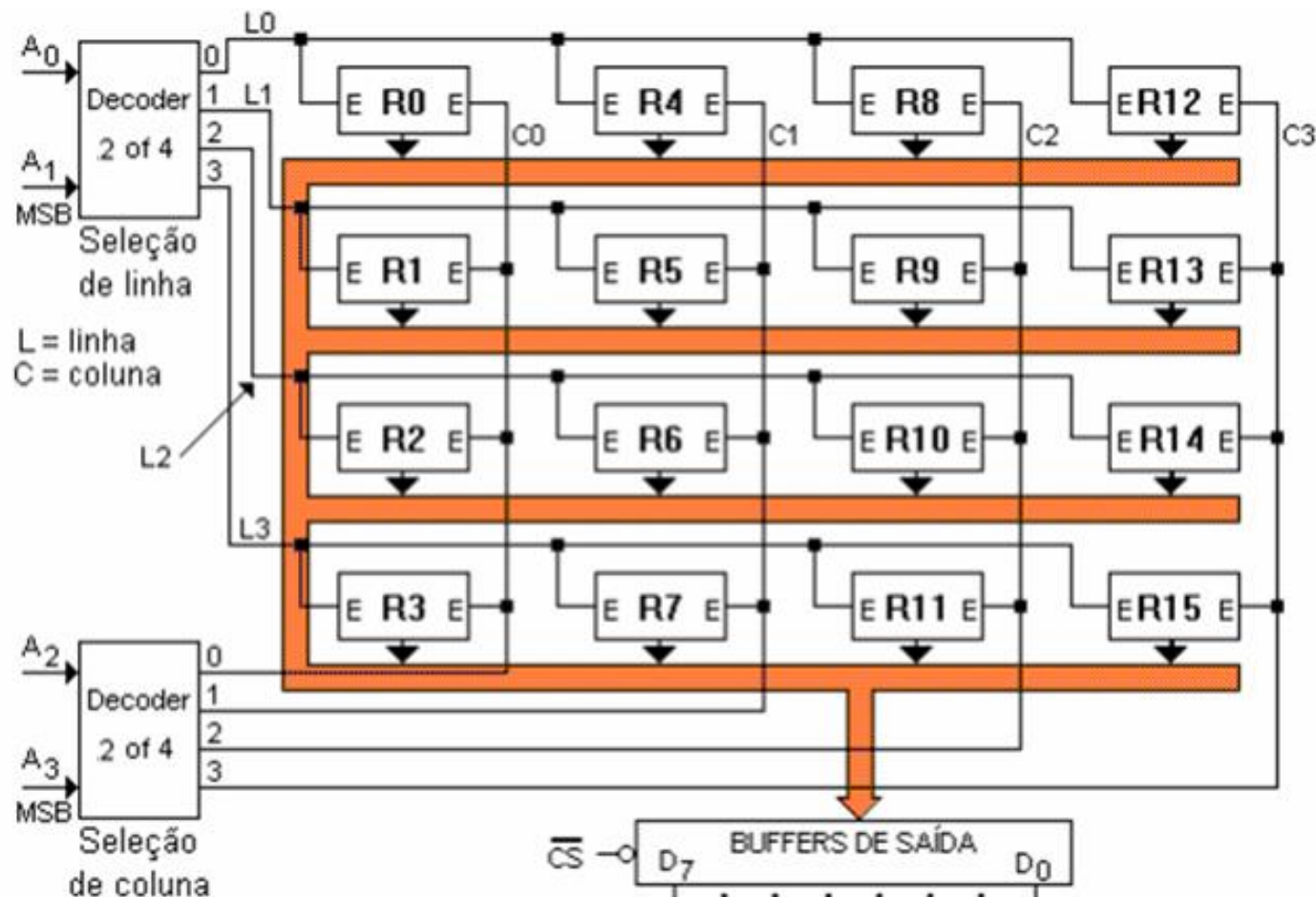
### ROM (Read-Only Memory)

- Durante sua operação normal nenhum dado poderá ser escrito na ROM, sendo utilizada então apenas para leitura de dados que estiverem armazenados.
- Para alguns tipos de ROM os dados são gravados durante o processo de fabricação enquanto que, para outros, os dados são gravados eletricamente por um processo especial de gravação.
- As ROMs são não voláteis e por isso são usadas para guardar programas e alguns dados (tabelas, códigos, etc) que não mudarão durante a operação de um sistema.



## Memórias – Tipo ROM

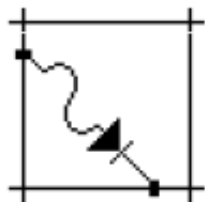
ROM – Arquitetura – Um exemplo de uma ROM de 16 x 8 bits



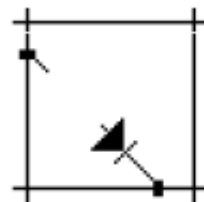
## Memórias – Tipo ROM

PROM (Programmable ROM) - ROM programáveis

Esse tipo de ROM é conhecido como PROM FUSE, isto é, uma ROM programável por fusíveis.



Célula antes da  
queima do fusível

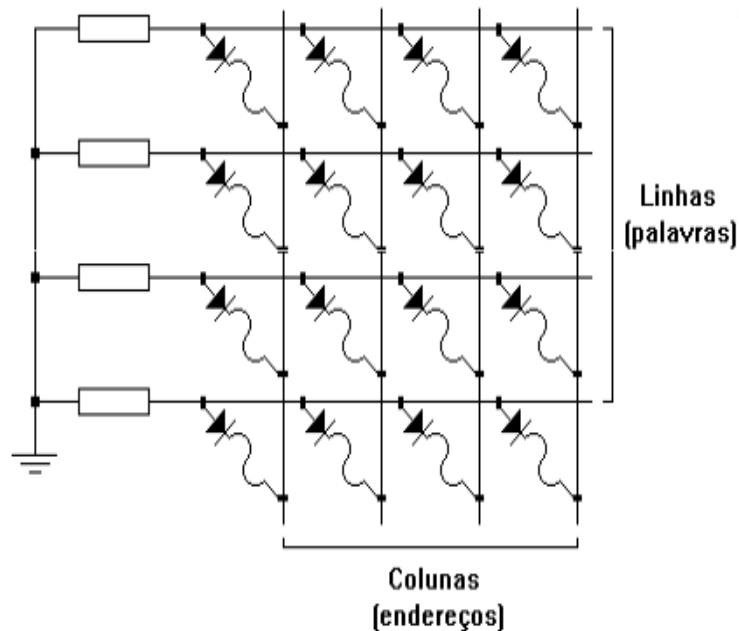


Célula após a  
queima do fusível

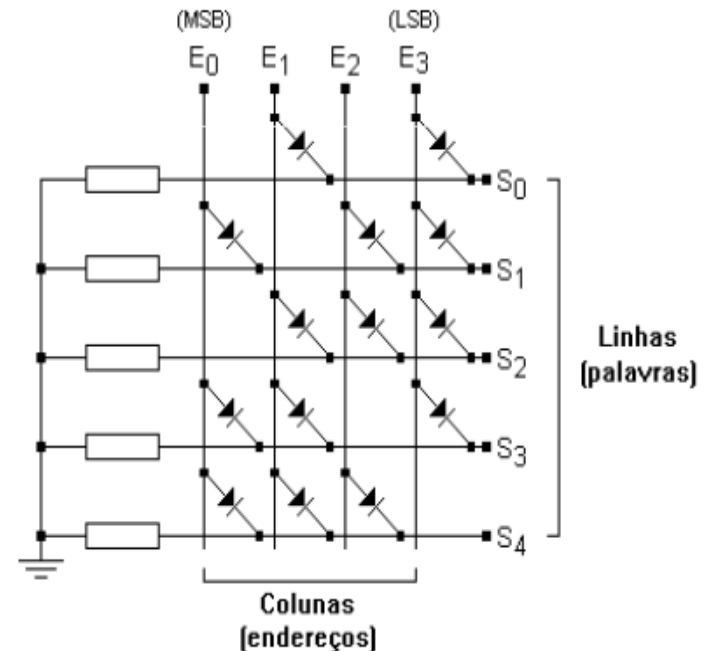
Depois de gravada uma palavra, não mais poderá ser alterada ou desgravada. Se após gravada, houver a necessidade de modificar os dados armazenados, isto não mais será possível, havendo então necessidade de utilizar outro chip.

## Memórias – Tipo ROM

### PROM (Programmable ROM) - ROM programáveis



ENDEREÇOS				PALAVRAS				
E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	S <sub>0</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>
1	0	0	0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	0	1	1	1
0	0	1	0	0	1	1	0	1
0	0	0	1	1	1	1	1	0



## Memórias – Tipo ROM

### EPROM (Erasable PROM) - ROM programável / apagável

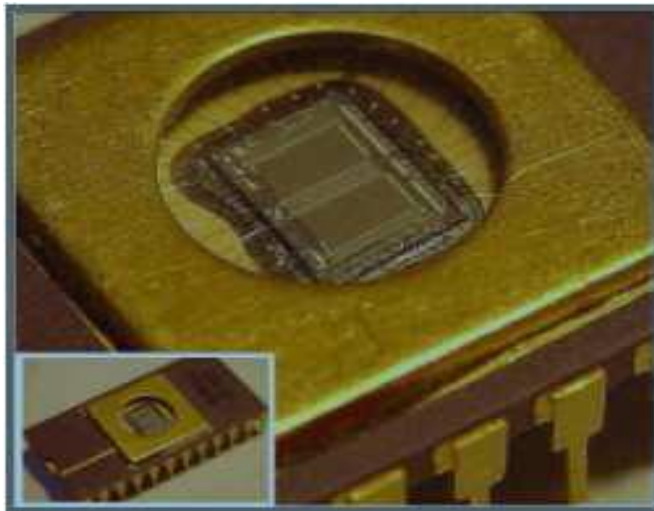
- Pode ser programada pelo usuário, com a vantagem de poder ser apagada e reprogramada quantas vezes forem necessárias.
- Uma vez programada uma EPROM comporta-se como uma memória não volátil.
- Em seu estado natural (sem qualquer programação) todas as células armazenam o bit 1. Durante a programação os pinos de dados e endereços da EPROM são usados para selecionar quais células são programadas como “0” e quais serão deixadas em “1”.



## Memórias – Tipo ROM

### **EPROM (Erasable PROM) - ROM programável / apagável**

- Depois de gravada uma EPROM, é possível apagá-la expondo-a à luz ultravioleta, aplicada através de uma janela no chip.
- Não é possível apagar células selecionadas.



## Memórias – Tipo ROM

### EEPROM (Electrically-Erasable PROM) - ROM programável / apagável eletricamente

- As EPROMs (apresentadas anteriormente) possuem duas grandes desvantagens:
  - Precisa ser retirada do circuito para ser apagada e reprogramada;
  - A memória inteira é apagada com a aplicação de radiação ultravioleta.
- Para contornar esse inconveniente foi desenvolvido um outro tipo de EPROM, que pode ser apagada por pulsos elétricos, são as denominadas EEPROM ou E2PROM.
- A grande vantagem com relação a EPROM é que o apagamento e a reprogramação dos dados podem ser feitos seletivamente (em bytes) ao invés da memória toda e para ser programada ou reprogramada, o chip não precisa ser removido do circuito.



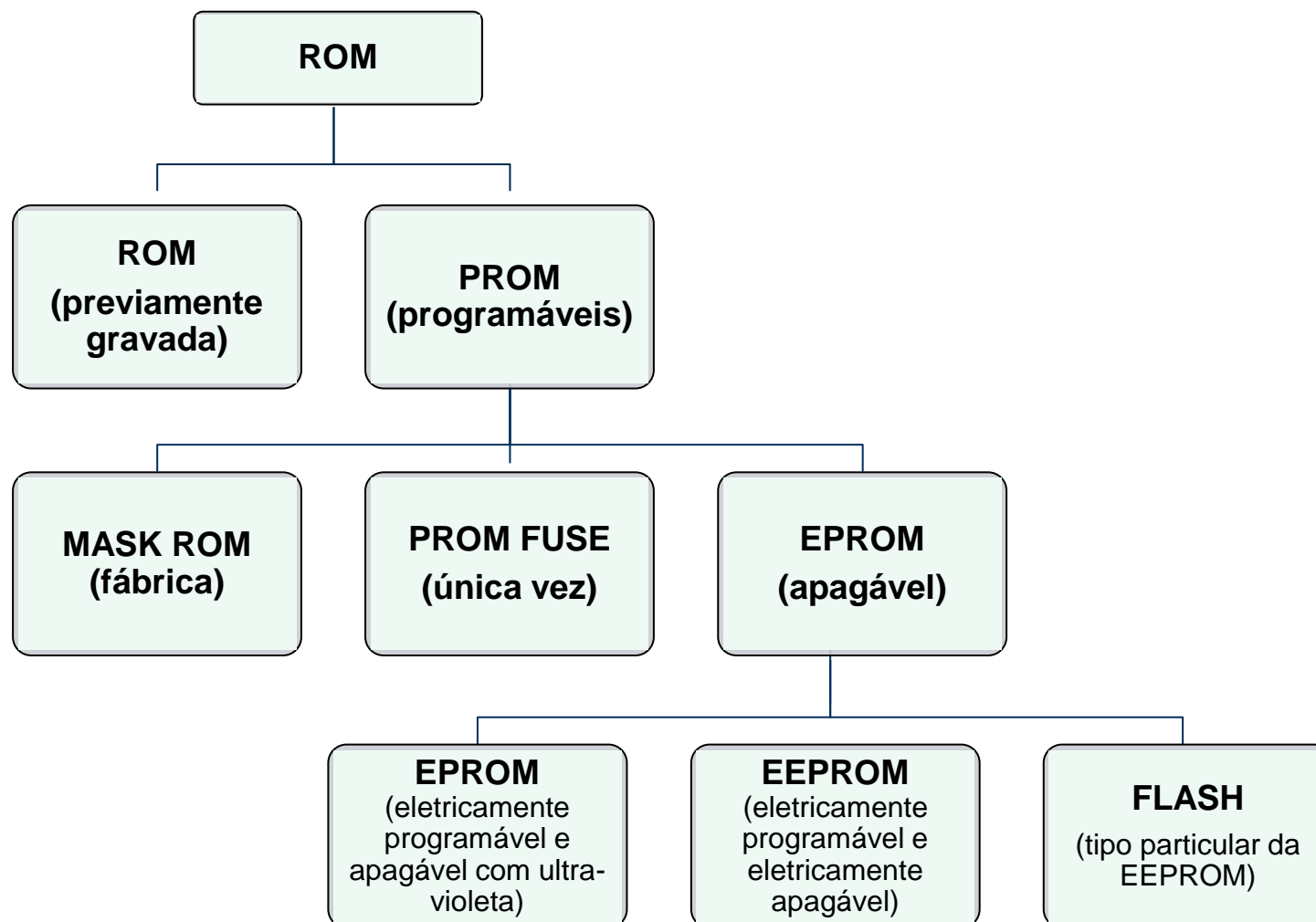
## Memórias – Tipo ROM

### FLASH

- Nas memórias E2PROM, a gravação e regravação podem ser feitas em cada byte, o que as tornam versáteis, mas lentas.
- As memórias FLASH, um tipo de E2PROM, utilizam um campo elétrico para apagar dados em todo o circuito ou em uma seção pré-determinada chamada de “bloco”.
- A memória Flash funciona muito mais rapidamente que as tradicionais E2PROMs porque grava os dados em blocos, geralmente de 512 bytes, em vez de 1 byte por vez.



## Memórias – Tipo ROM - Resumo

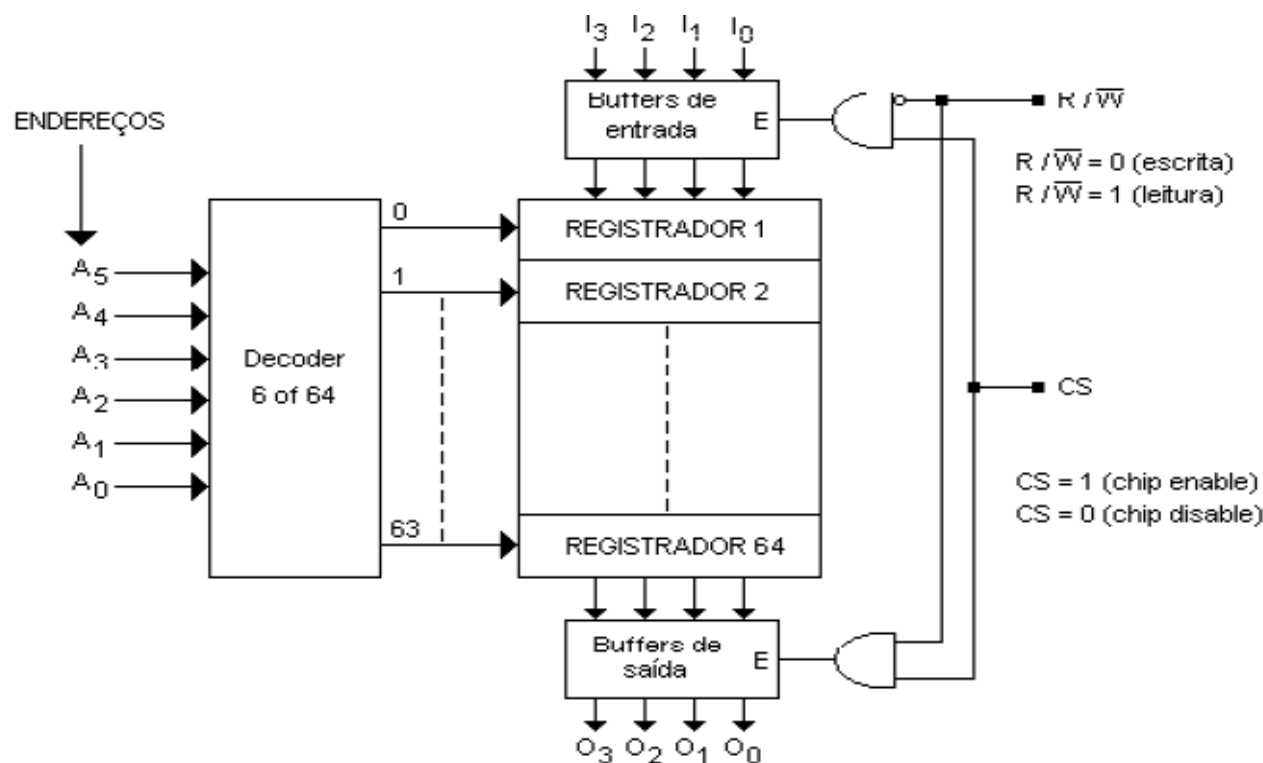




## Memórias – Tipo RAM

### RAM (Random Access Memory)

- Também conhecidas como memórias de escrita e leitura (RWM) são usadas em computadores para armazenamento temporário de dados durante o processamento dos programas.



## Memórias – Tipo RAM

### **SRAM (Static Random Access Memory)**

- As RAMs por serem voláteis, perdem os dados nela armazenados com a falta de energia.
- Armazenam dados por tempo indeterminado, enquanto alimentadas.
- Por esse motivo, essas RAMs são denominadas RAMs ESTÁTICAS (SRAM).
- Possuem alta velocidade e baixa capacidade de armazenamento
- De forma geral, armazenam seus bits em registradores equivalentes a latches / flip-flops tipo D

## Memórias – Tipo RAM

### DRAM (Dynamic Random Access Memory)

- As RAMs dinâmicas armazenam bits em microcapacitores parasitas nos transistores MOS que constituem sua célula.
- Devido a corrente de fuga essas informações podem ser perdidas após um determinado período, necessitando de um processo de restauração periódica.
- O ato de restaurar um dado armazenado em uma RAM dinâmica chama-se ***refresh***.
- Este processo (*refresh*) a torna desvantajosa em relação à RAM estática, porém seu custo é bem menor.

## Memórias – Tipo RAM

### RAM não volátil (NVRAM – Non Volatile RAM)

Uma NVRAM possui uma matriz de RAM estática e uma matriz de EAPROM (Electrically Alterable Read Only Memory), combinando dessa forma a velocidade de operação de uma SRAM com a capacidade de armazenamento de uma EAPROM.

Uma NVRAM tem a vantagem de não necessitar de bateria, serem mais complexas e, por isto, não disponíveis para altas capacidades de armazenamento.

## Memórias – Tipo RAM

### **FRAM (Ferroelectric Random Access Mempory)**

- Uma memória não volátil de alto desempenho e baixo consumo de energia que combina os benefícios de memórias não voláteis convencionais (Flash e EEPROM) com RAM de alta velocidade (SRAM e DRAM). Apesar de não volátil, em outros aspectos, funciona como RAM.
- Supera o desempenho das memórias atuais, como EEPROM e Flash, consome menos energia, é bem mais rápida e apresenta resistência superior a múltiplas operações de leitura e gravação.

## Memórias – Tipo RAM

### FRAM (Ferroelectric Random Access Memory)

- O valor máximo de ciclos de leitura/gravação para Flash e EEPROM é cerca de 100 mil vezes. Com mais de 10 bilhões de ciclos de leitura/gravação, a vida útil de uma memória FRAM é basicamente ilimitada.

Algumas vantagens são:

- A FRAM é 30 vezes mais rápida que a EEPROM.
- Durabilidade um milhão de vezes superior à da EEPROM.
- Consumo de energia 200 vezes menor do que a EEPROM.
- É altamente resistente a campos magnéticos e radiação.
- Pode reter dados por dez anos sem bateria.

## Memórias – Exercícios

- 1) As memórias RAM podem ser classificadas como estáticas ou dinâmicas. Diferencie as tecnologias em questão.
- 2) A memória RAM do computador é de qual tipo: SRAM ou DRAM? Pense na capacidade de armazenamento para responder!
- 3) Faça uma tabela que compare os tipos de memória não-voláteis.
- 4) Descreva os tipos mais comuns de memórias RAM (SRAM e DRAM).
- 5) A memória utilizada no pen-drive é de qual tipo?
- 6) A memória FRAM apresenta diversas vantagens. Cite 2 se comparadas à Flash.
- 7) Você precisa escolher entre os tipos de memórias existentes qual seria mais indicado para armazenar os dados que não podem ser modificados uma vez depois de gravados. Qual tipo seria melhor?