

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação
EESC-USP

SEL-415 Introdução à Organização dos Computadores

Aula 4

Memórias

Parte 1

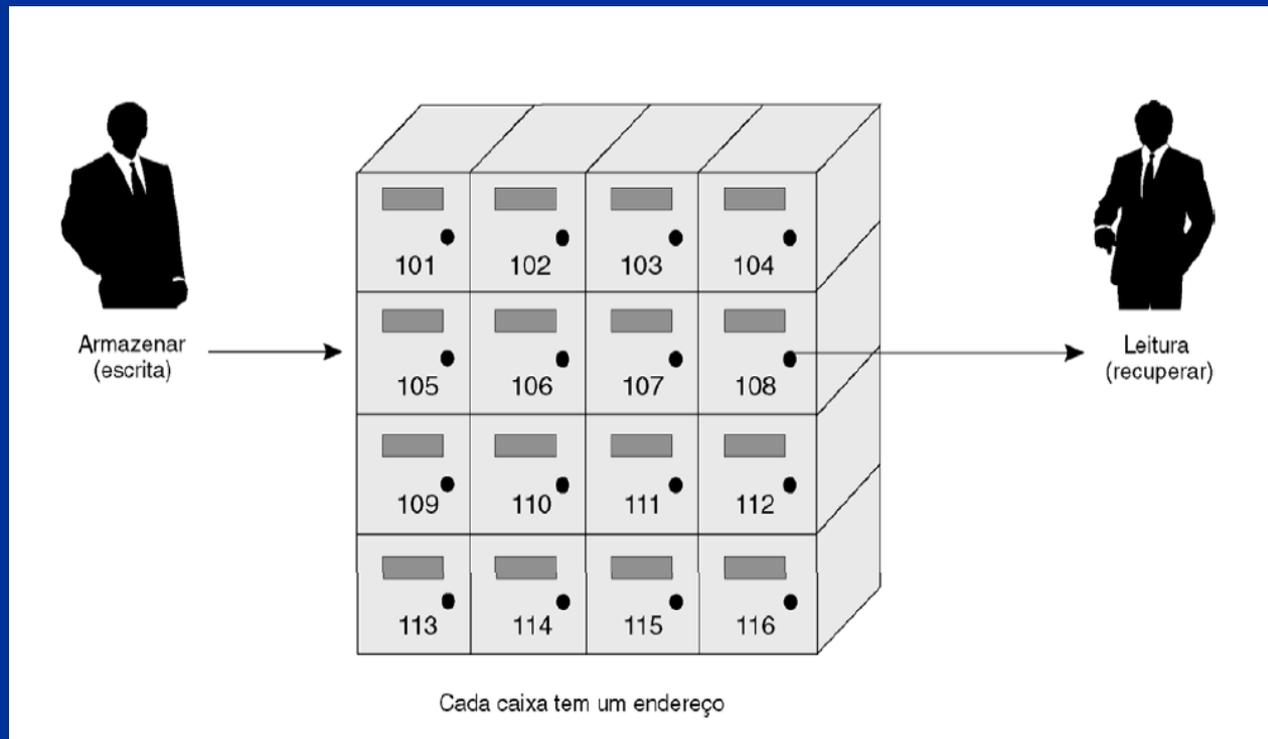
Profa. Luiza Maria Romeiro Codá

**Autores: Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira
Profa. Luiza Maria Romeiro Codá
Profa. Maria Stela Veludo de Paiva**

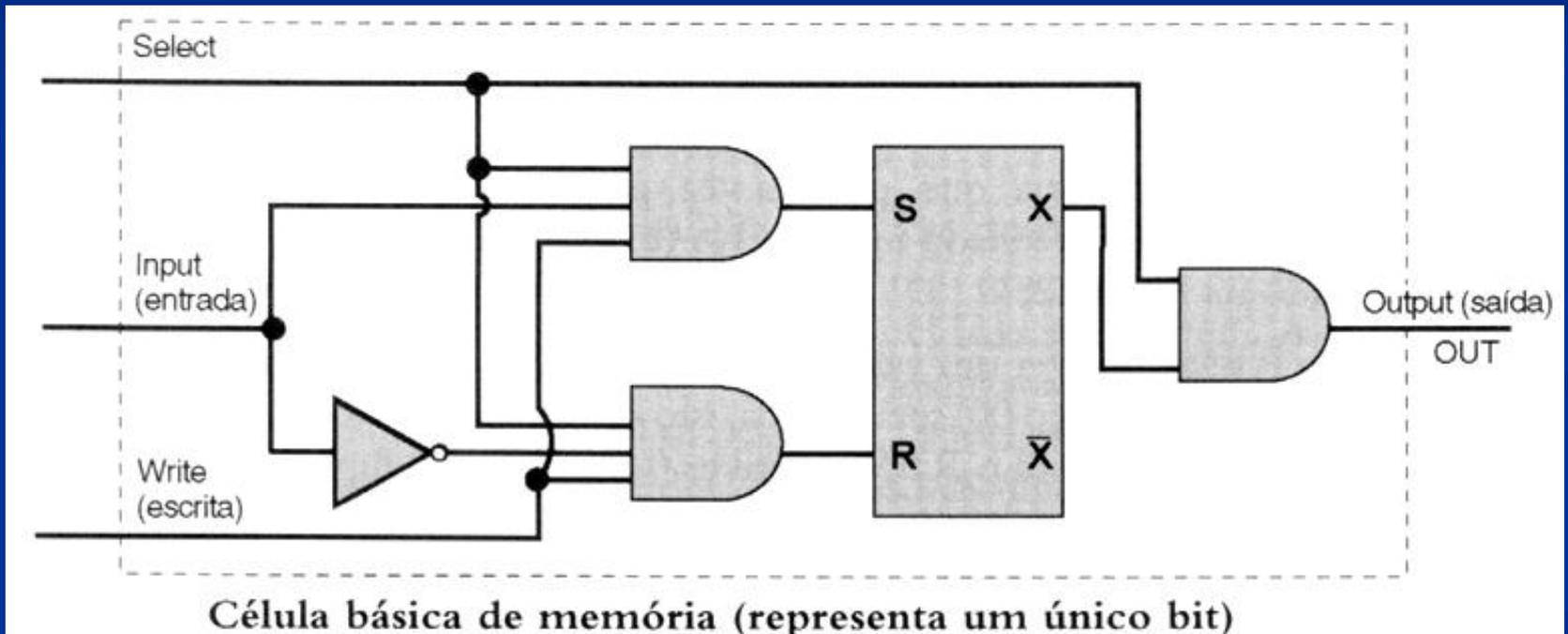
Memórias Semicondutoras

Memória

- Elemento Básico – FF tipo D (armazenamento de um bit)
- Registrador – Tipo mais simples
- Pode ser de escrita e leitura
- Deve ter um endereço específico para cada dado (célula)



Célula Básica R/W



Memória

(Duto de endereço)

A2 A1 A0



D3

D2

D1

D0

(Duto de Dados)

Endereços

D3

D2

D1

D0

000

Palavra 0

001

Palavra 1

010

Palavra 2

011

Palavra 3

100

Palavra 4

101

Palavra 5

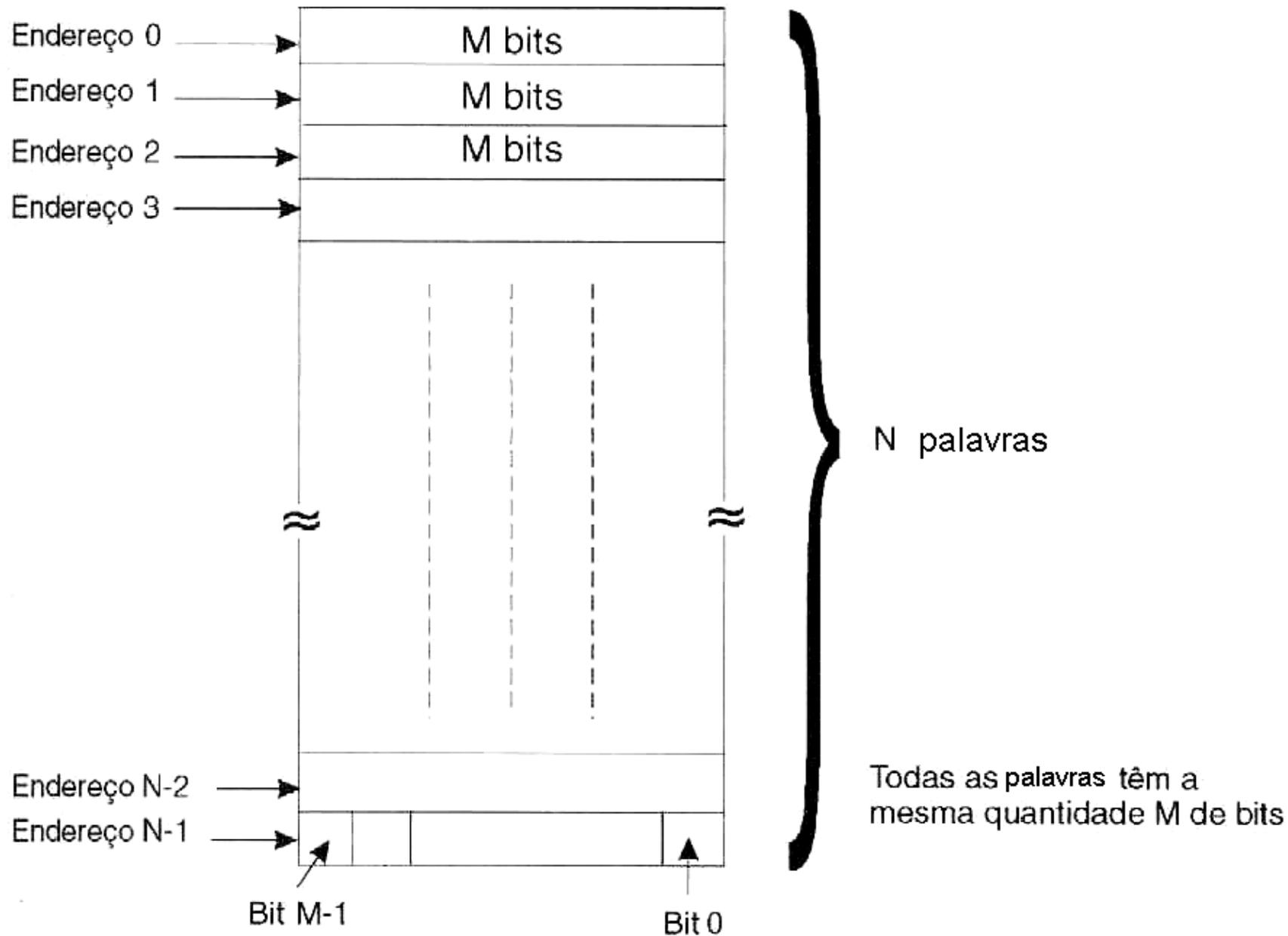
110

Palavra 6

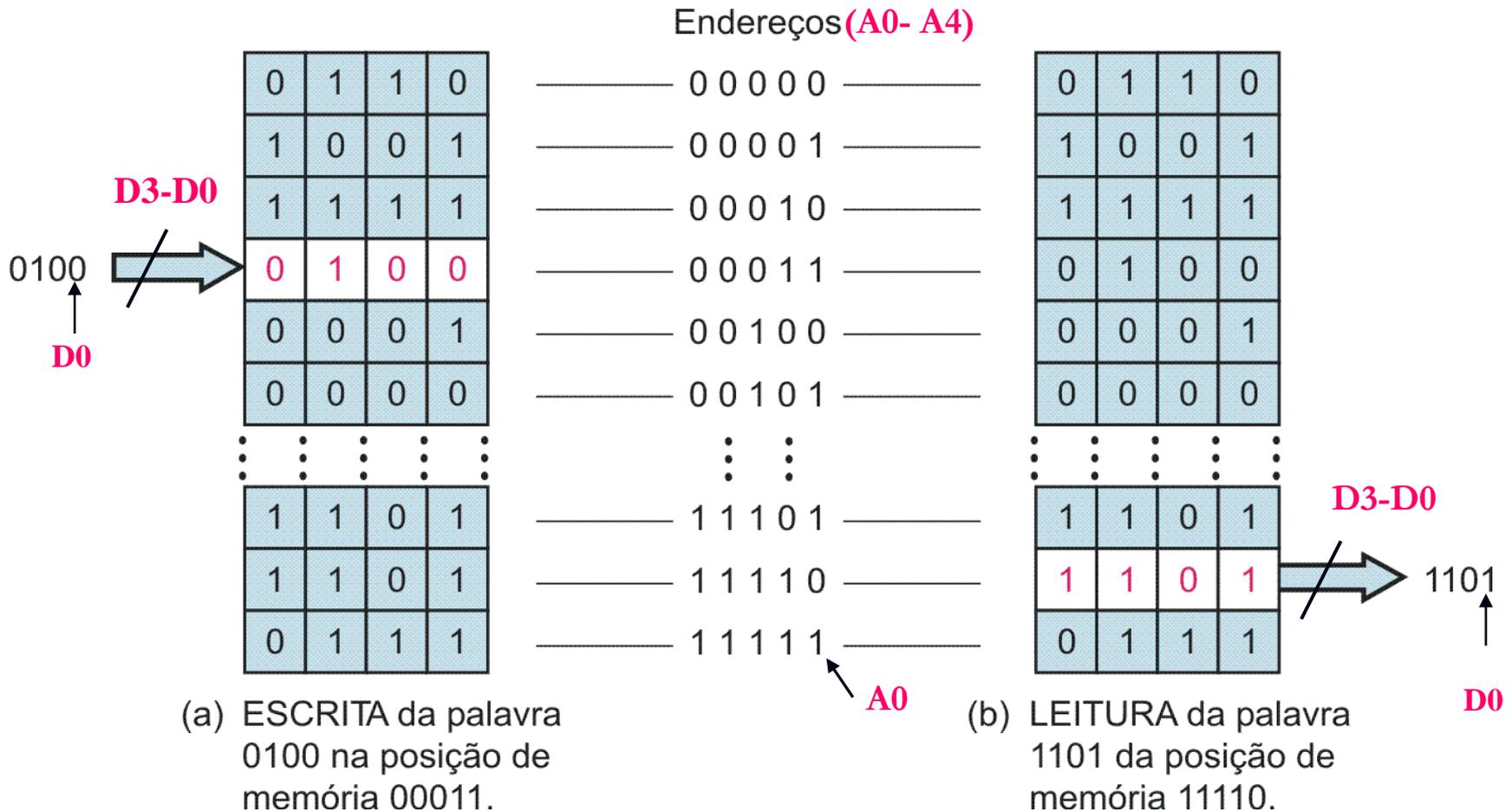
111

Palavra 7

Memória



Escrita e Leitura



Para essa escrita: O microprocessador coloca no duto de endereços o valor 00011

Para essa leitura: O microprocessador coloca no duto de endereços o valor 11110

Memórias

■ Organização:

$$2^{n_e} \times n_d$$

n_e = n.o de bits de endereço

n_d = número de bits de dados

Exemplo:

$$\left. \begin{array}{l} n_e = 4 \\ n_d = 4 \end{array} \right\} \longrightarrow 16 \times 4 \\ \text{(16 palavras de 4 bits)}$$

- * 1K x 1: 1024 palavras de 1 bit
- * 16K x 8: 16K palavras de 8 bits
- * 64K x 8: 64K palavras de 8 bits

Memórias

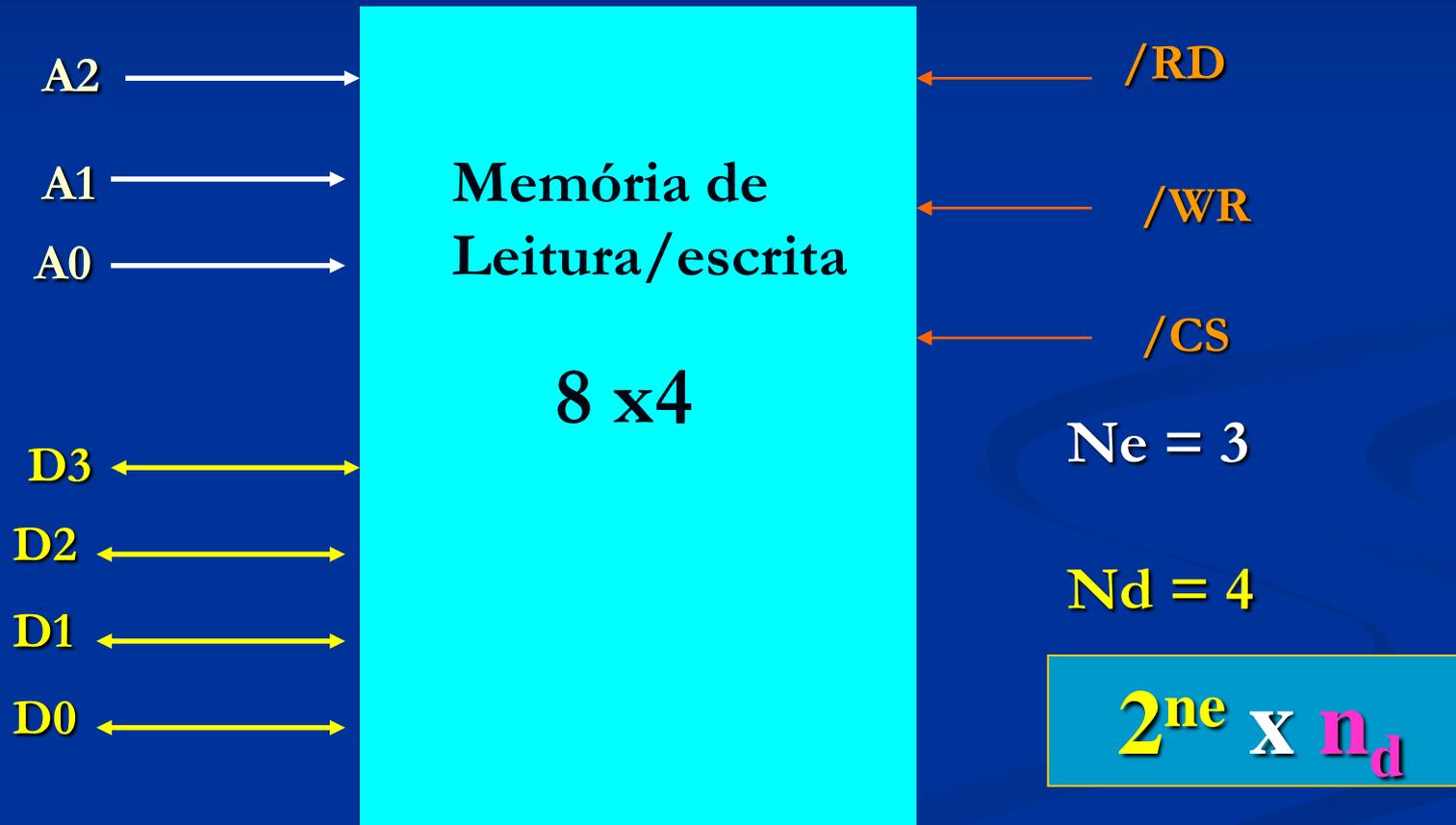
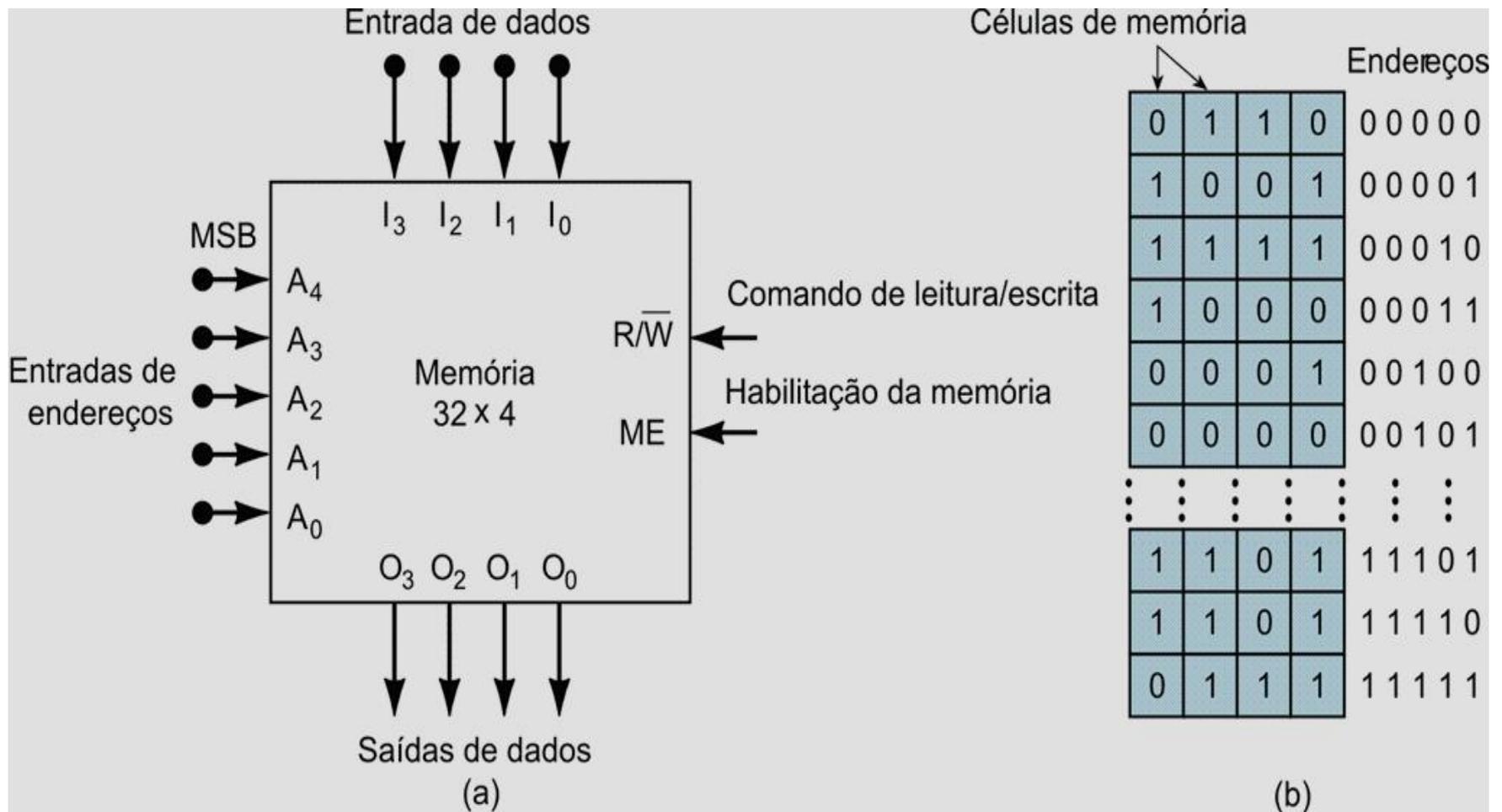


Tabela 2.1 Grandezas Usadas para Abreviar Valores em Computação

Nome da unidade	Valor em potência de 2	Valor em unidades
1K (1 quilo)	2^{10}	1024
1M (1 mega)	$1024K = 2^{20}$	1.048.576
1G (1 giga)	$1024M = 2^{30}$	1.073.741.824
1T (1 tera)	2^{40}	1.099.511.627.776
1P (1 peta)	2^{50}	1.125.899.906.843.624
1Ex (1 exa)	2^{60}	1.152.921.504.607.870.976
1Z (1 zeta)	2^{70}	1.180.591.620.718.458.879.424
1Y (1 yotta)	2^{80}	1.208.925.819.615.701.892.530.176

CI de Memória

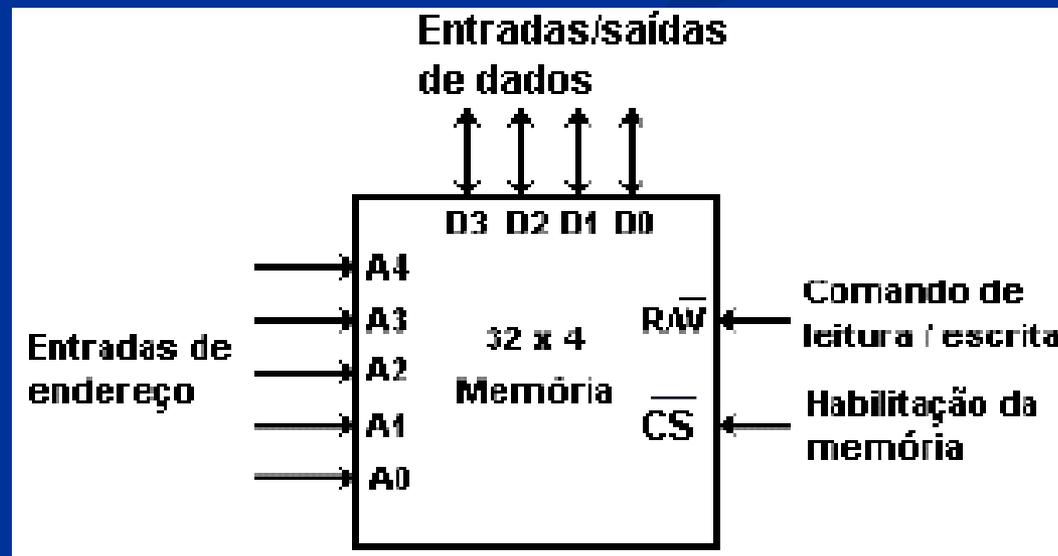
ORGANIZAÇÃO DE 32 x 4



Memórias Semicondutoras

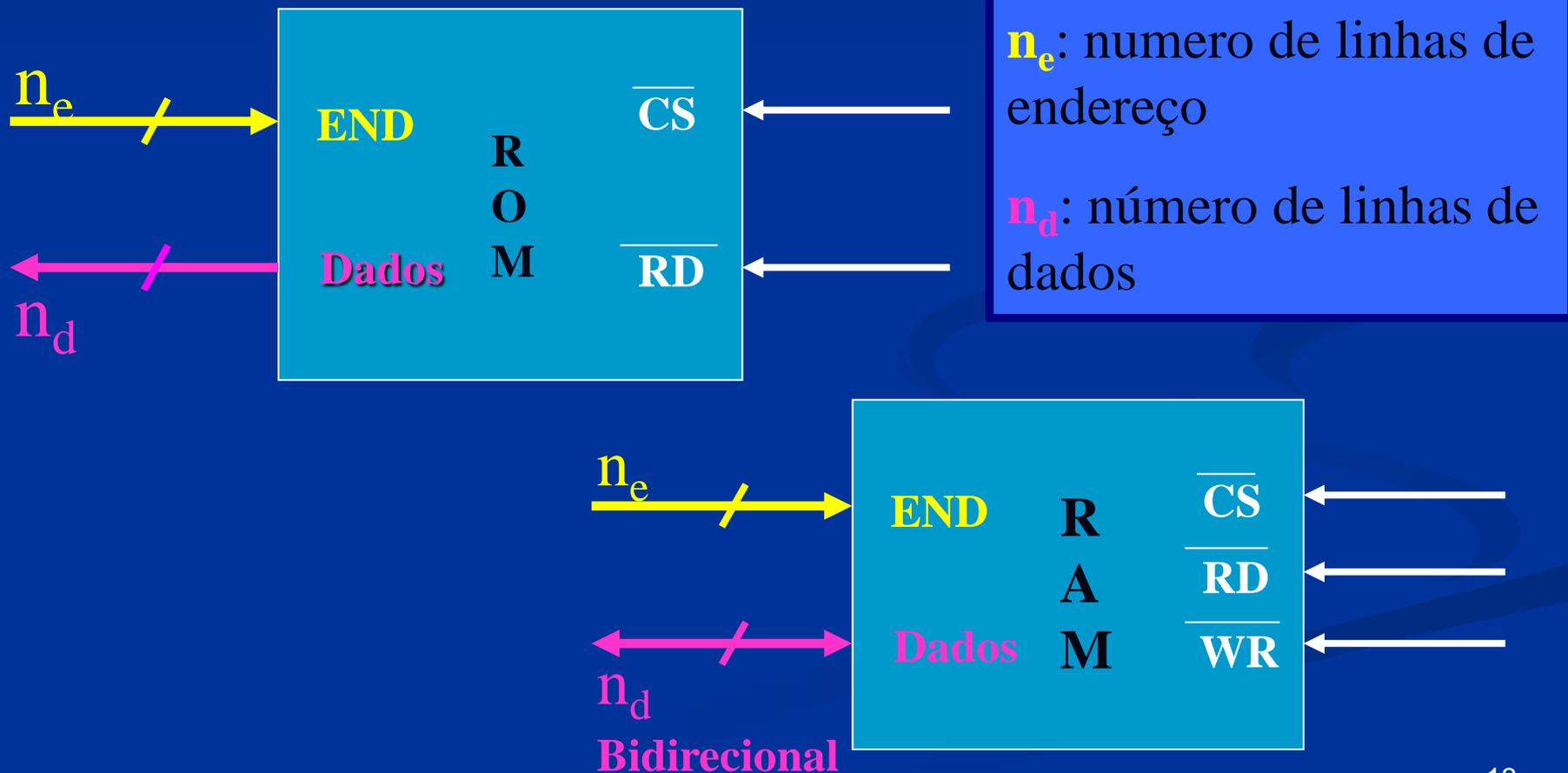
PRINCÍPIOS DE OPERAÇÃO DAS MEMÓRIAS

- Selecionar o endereço a ser acessado (leitura ou escrita);
- Se a operação for escrita, fornecer os dados de entrada;
- Habilitar a memória (\overline{CS}) para que as portas de I/O sejam liberadas para a operação desejada;
- Selecionar o tipo de operação: leitura ou escrita (R/\overline{W});
- Se a operação for leitura, os dados estarão disponíveis na saída;
- Desabilitar a memória (\overline{CS}) para que ela não responda às entradas de dados e endereço e também ao comando de leitura/escrita.



Memórias Semicondutoras

■ Representação - Conjunto de Sinais:



Memórias Semicondutoras

Descrição dos Sinais :

■ END: duto de endereço

- ✓ Especifica uma posição de memória.
- ✓ Através do número de linhas de endereço, n_e , pode-se determinar o número de palavras da memória.

Exemplo: $n_e = 10$ 

n° de palavras = $2^{10} = 1024 = 1\text{K}$ palavras

Memórias Semicondutoras

Descrição dos Sinais :

- DADOS: duto de dados
 - ✓ Contém o valor que foi lido ou que será gravado em uma determinada posição.
 - ✓ O número de bits desse duto, n_d , especifica o tamanho da palavra da memória.

Exemplo: $n_d = 8$ 

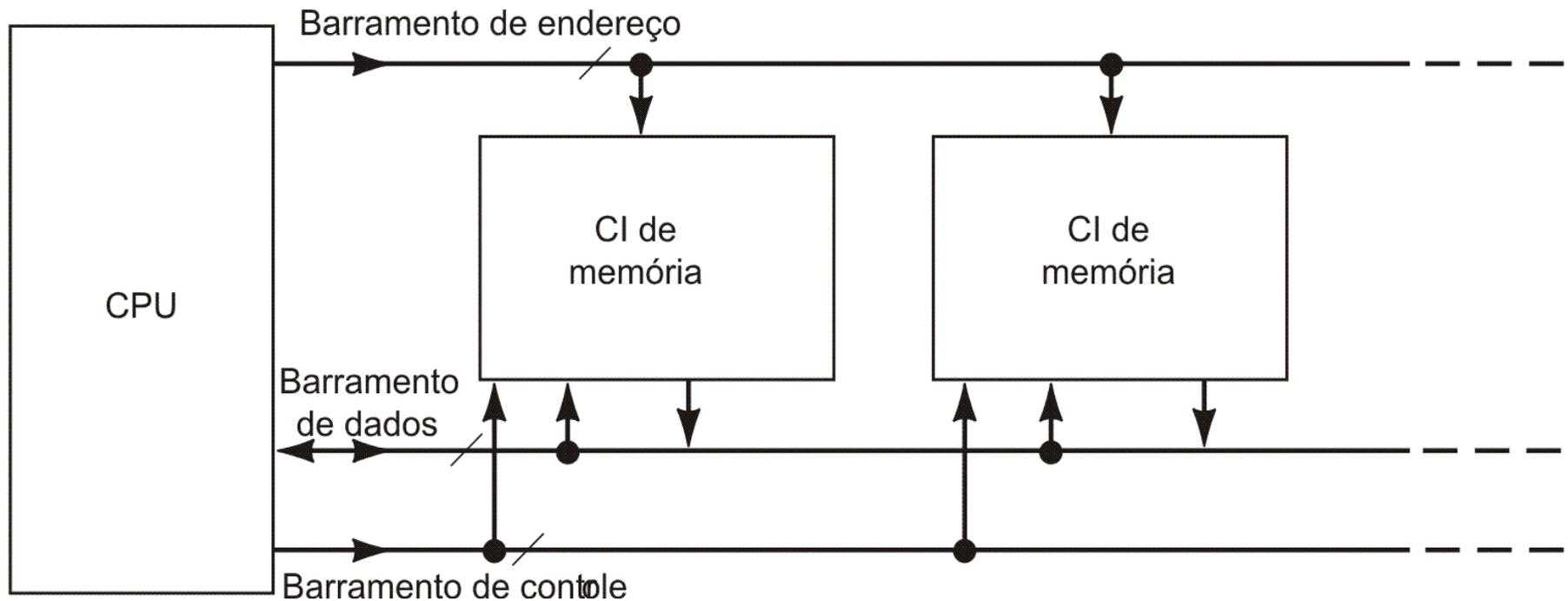
Tamanho da palavra = 8

Memórias Semicondutoras

Descrição dos Sinais :

- ***/RD (READ)***: sinal de controle para habilitar a leitura de um dado na posição especificada pelo duto de endereço.
- ***/WR (WRITE)***: sinal de controle para habilitar a gravação de um dado, presente no duto de dados, na posição de memória especificada pelo duto de endereço.
- ***/CS (CHIP SELECT)***: controle para habilitar a operação do chip (controle do 3-state do duto de dados).
Se ***/CS = "1"*** o duto de dados fica em **3-state**

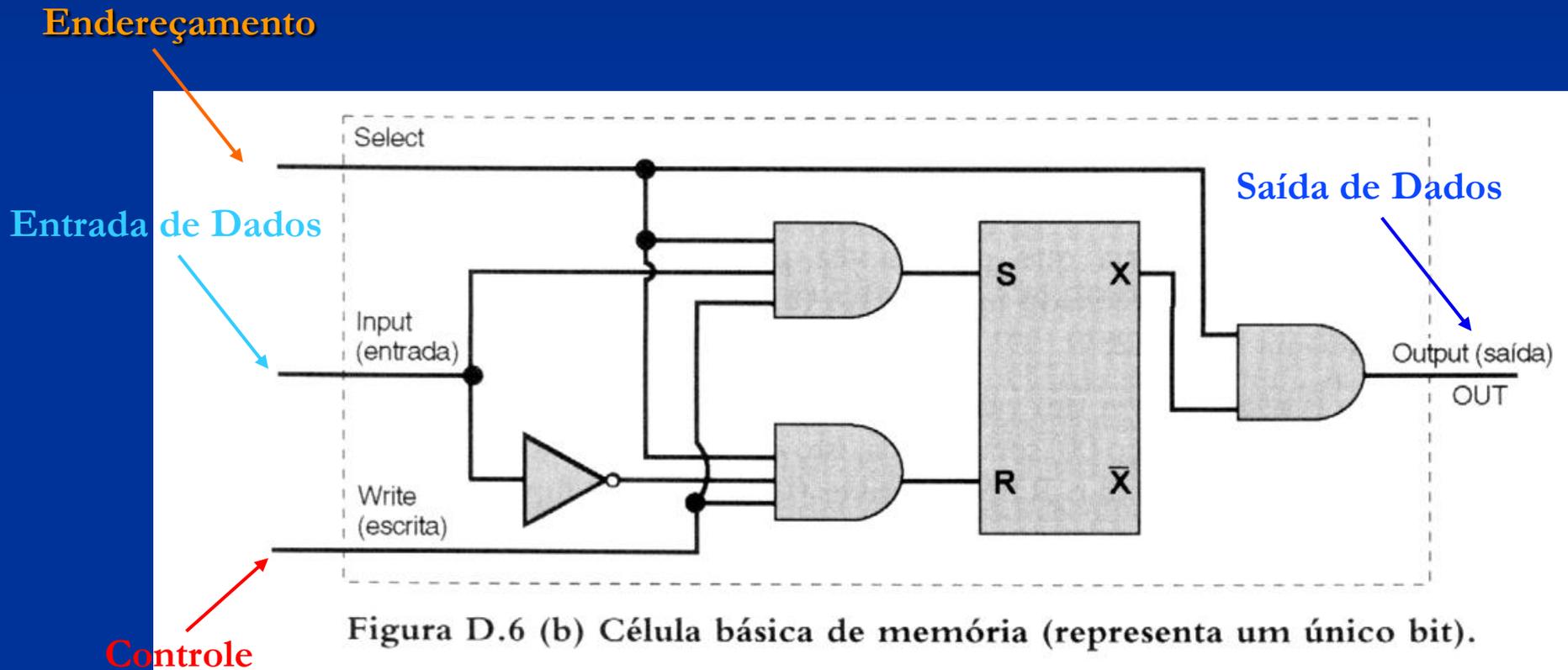
Barramentos para conexão de uma memória em um microprocessador



Arquitetura Interna da Memória

- Célula básica
- Circuito para endereçamento (seleção) das células (Decodificadores)
- Portas de I/O de dados
- Circuito de controle

Célula Básica R/W

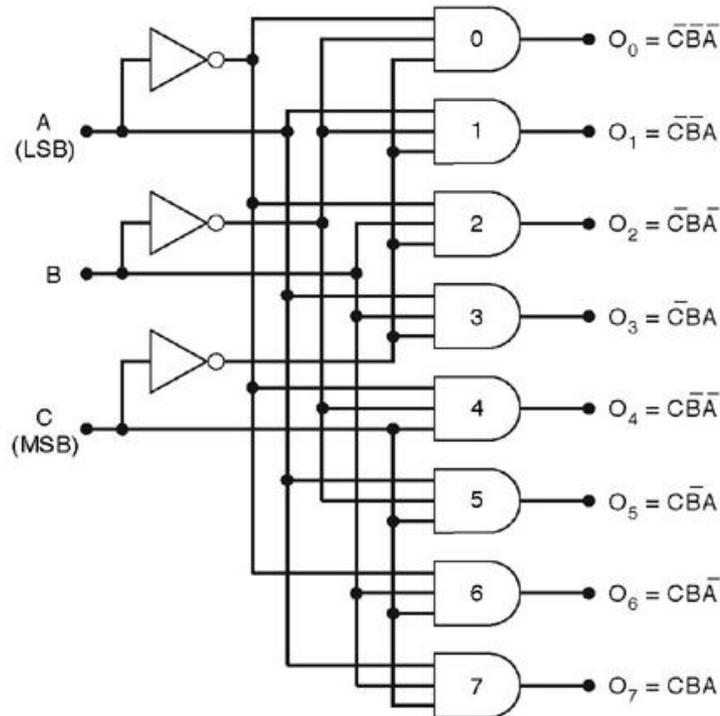


DECODIFICADORES (Endereçamento)

- **Circuito digital que faz a conversão de um código para outro;**
- **Na maioria das vezes recebe um número binário na entrada e ativa apenas 1 saída, correspondente ao número decodificado;**
- **São utilizados para o endereçamento de memórias (geração de produtos canônicos)**
- **Em geral estão integrados junto aos FF nas memórias semicondutoras**

DECODIFICADORES

Binário → Decimal



C	B	A	O_7	O_6	O_5	O_4	O_3	O_2	O_1	O_0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0

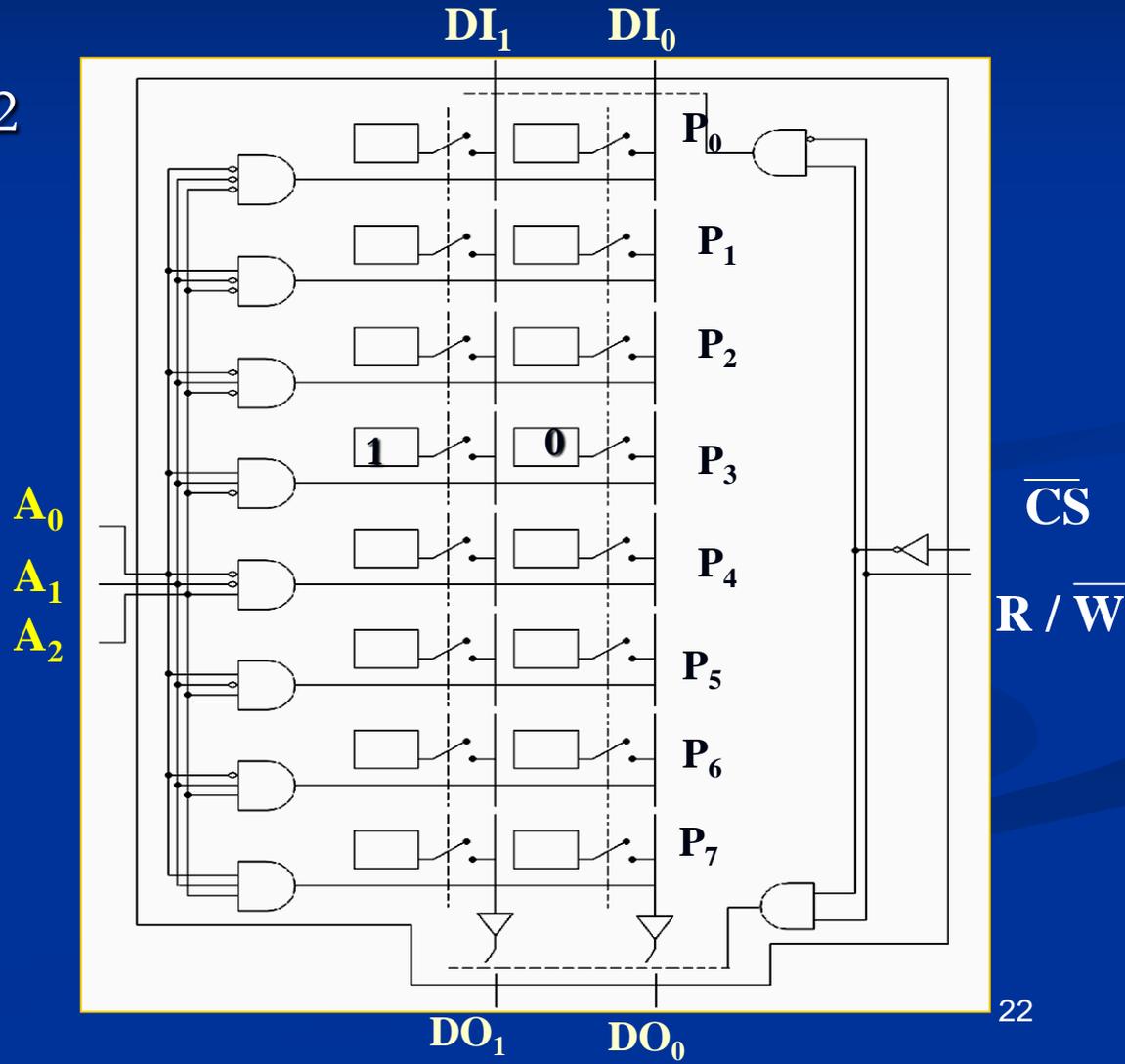
TIPOS DE ENDEREÇAMENTO DAS CÉLULAS DAS MEMÓRIAS

a) Linear :

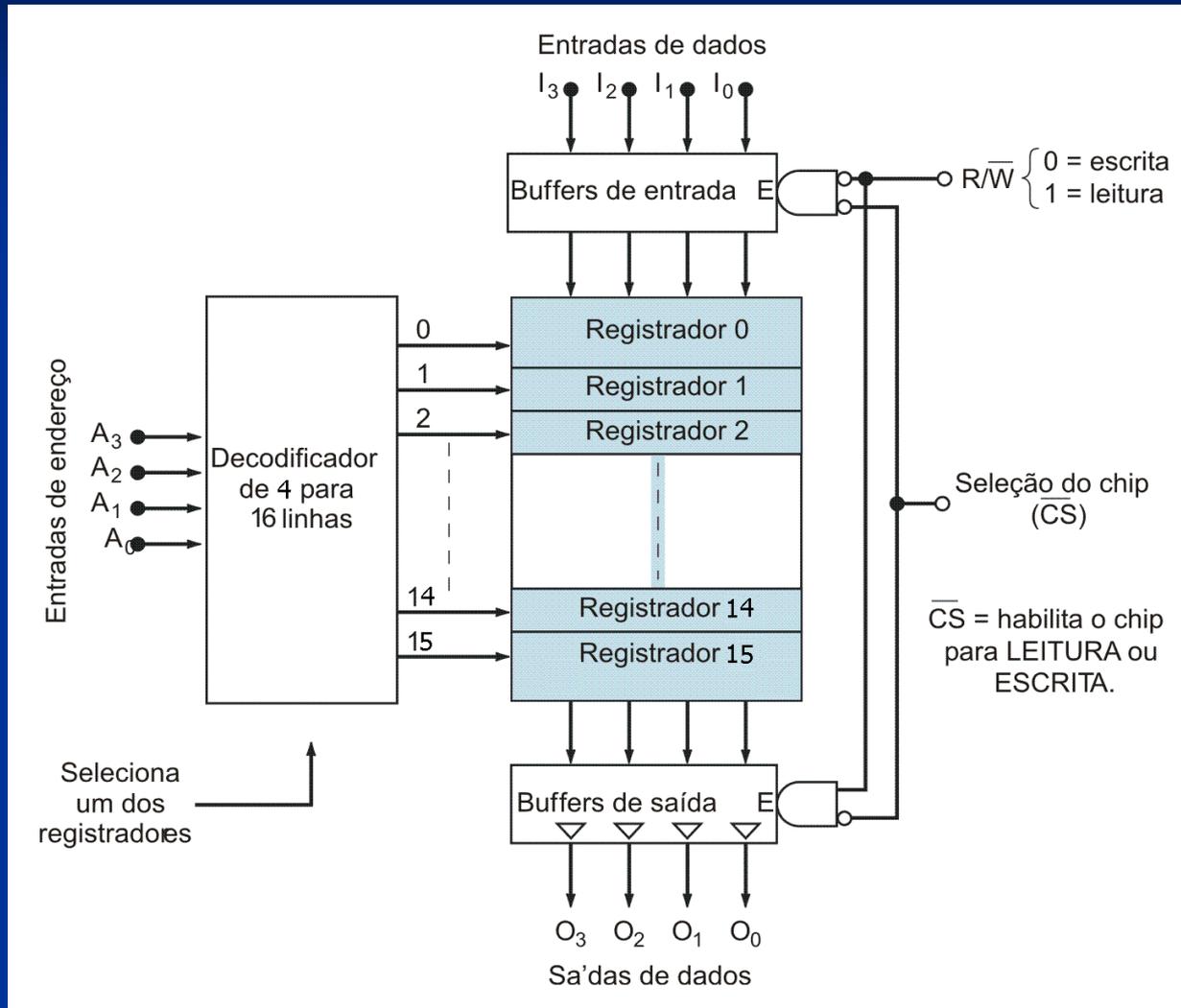
✓ Exemplo: memória 8 x 2

$n_e = 3 : A_2 A_1 A_0$
MSB

$n_d = 2 : D_1 D_0$
MSB



Arquitetura de uma RAM 16x4

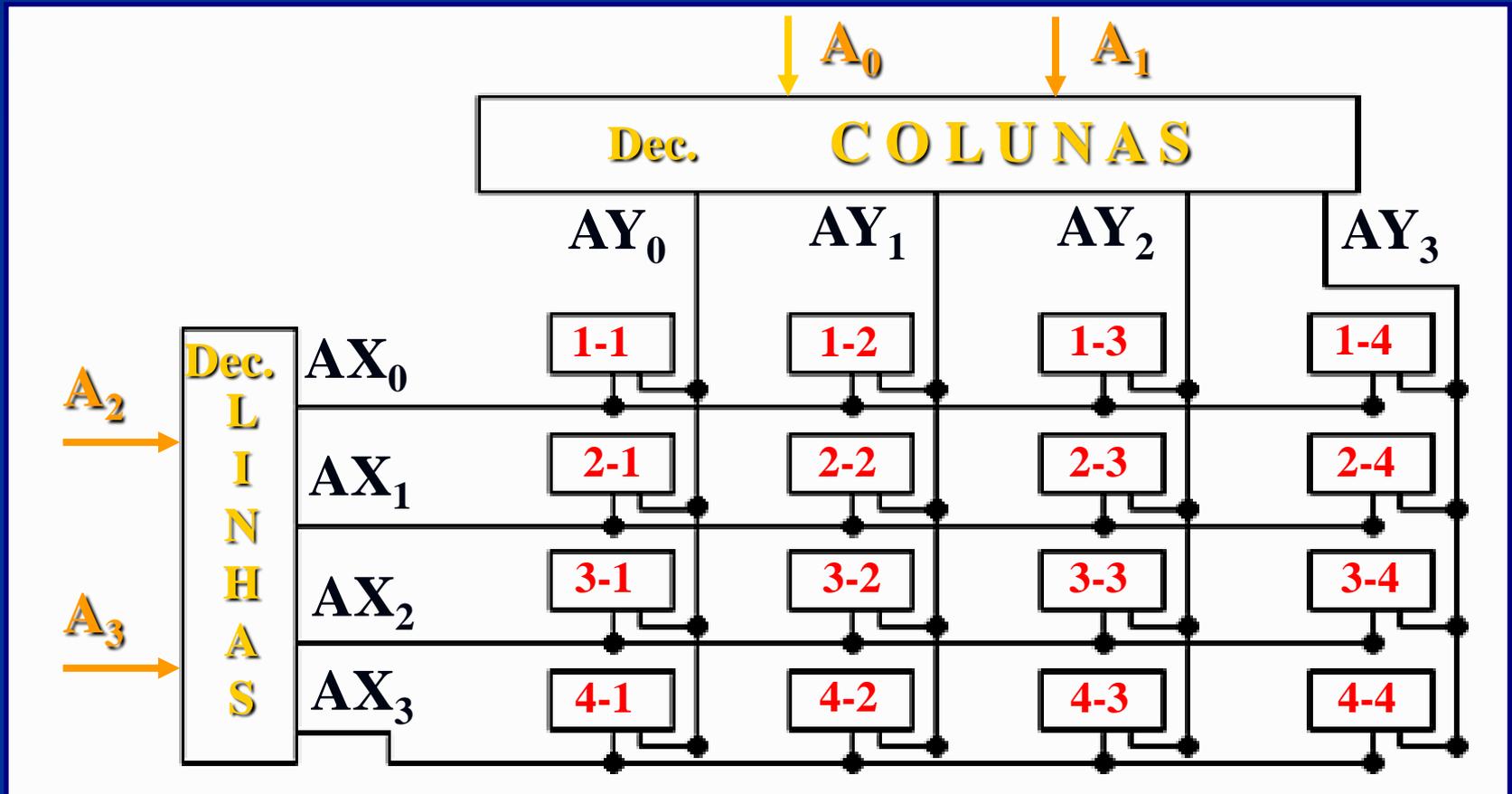


TIPOS DE ENDEREÇAMENTO DAS CÉLULAS DAS MEMÓRIAS

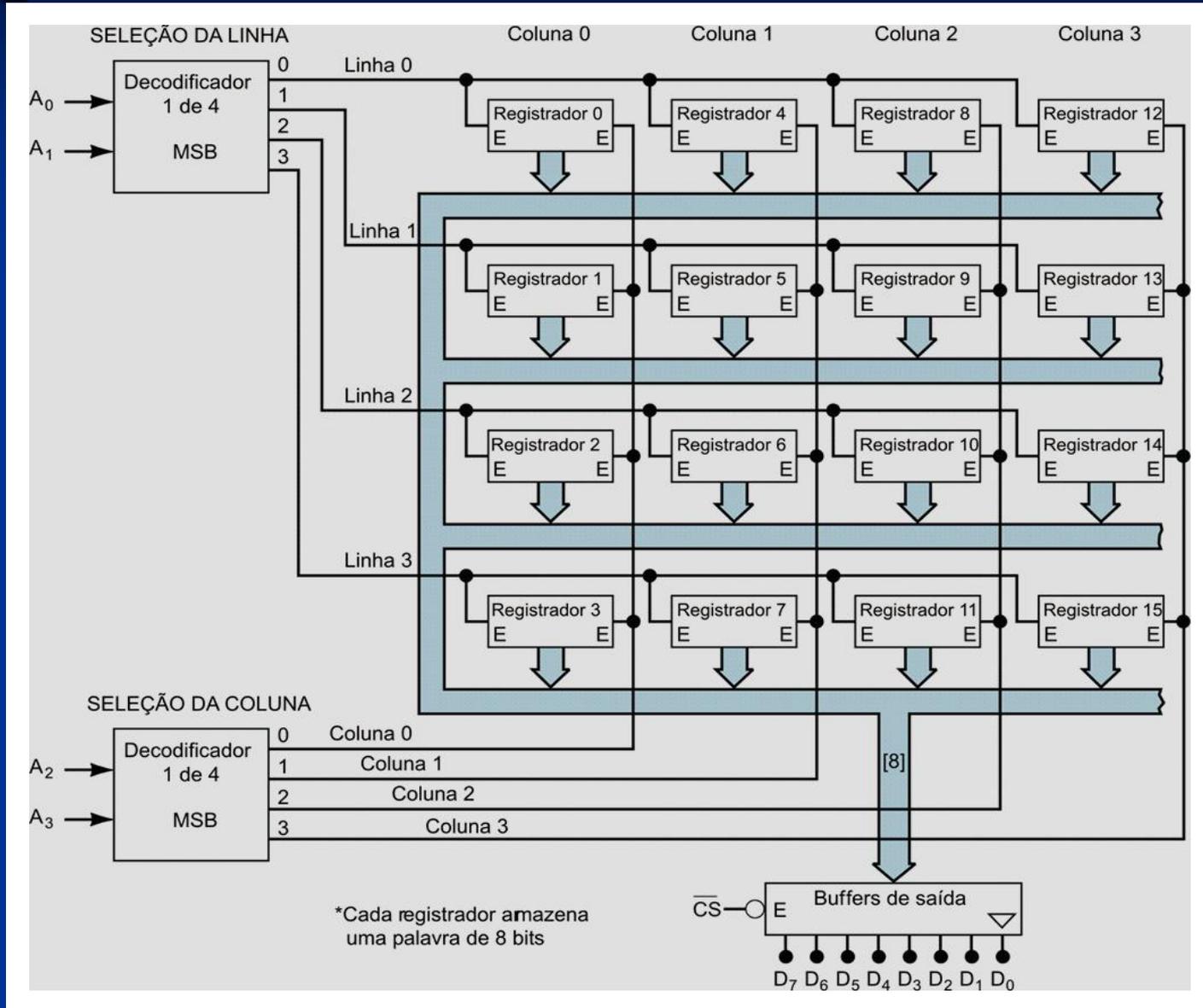
- b) Matricial (ou bidimensional):** decodificadores de linhas e colunas
- Este arranjo requer menor número de linhas e colunas, e decodificadores menores.
 - Ex. memória de 64KB tem 65.536 células.
 - **Arranjo Linear:** 1 decodificador de 16 Bits de entrada com 65.536 saídas (65.536 fios de ligação entre mem. e decod.)
 - **Arranjo Matricial:** 2 decodificadores de 8 Bits de entrada com 256 saídas cada ($2^8 \times 2 = 256 \times 2 = 512$ saídas). 512 fios de ligação entre memória. e decod.

TIPOS DE ENDEREÇAMENTO

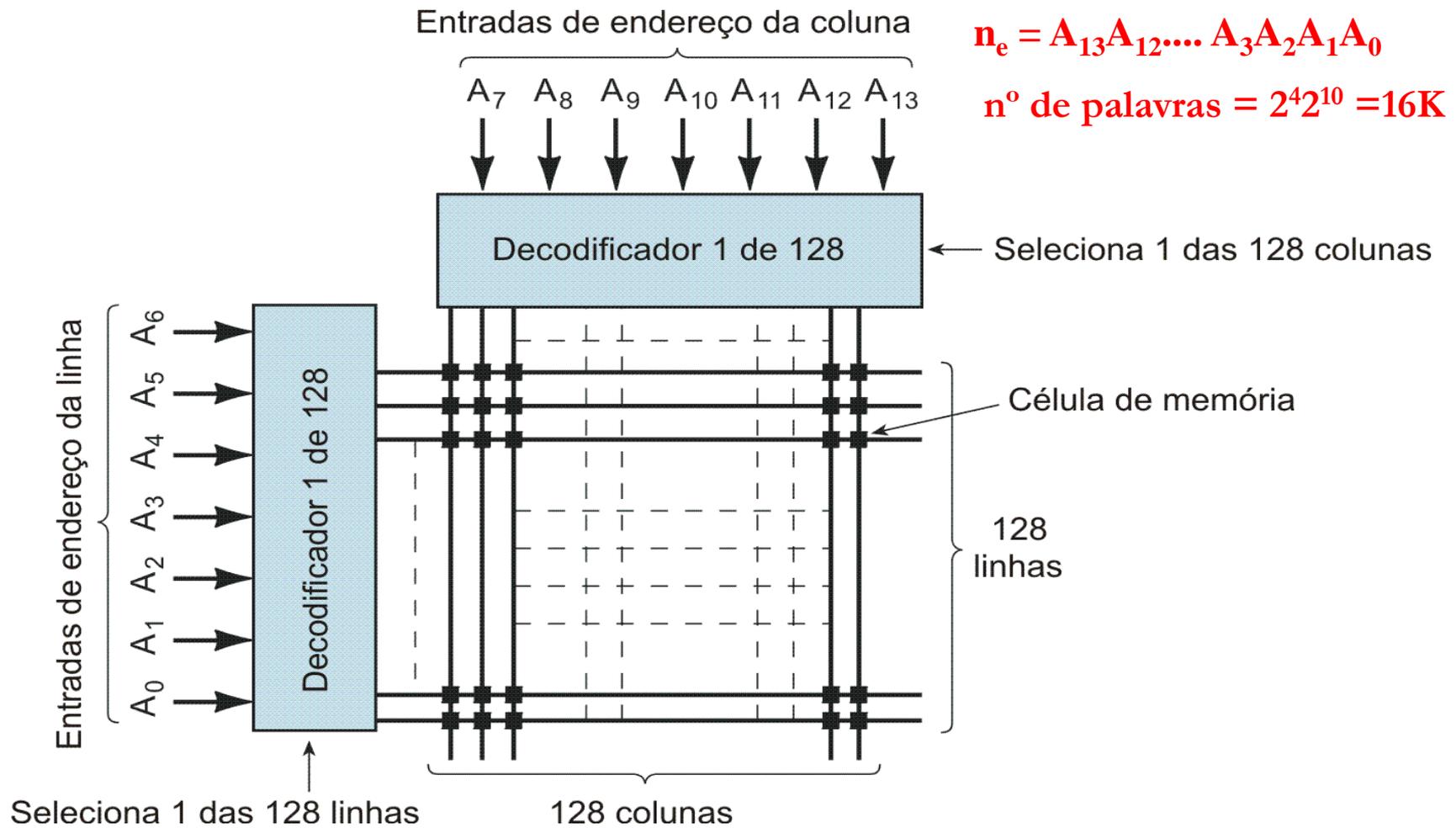
b) Matricial (ou bidimensional): exemplos



Arquitetura de uma ROM 16 × 8



Arquitetura de uma ROM 16K × 1



Memórias Semicondutoras

■ Características Gerais:

- * **Densidade**: número de bits armazenados / área física.
- * **Tempo de Acesso**: intervalo de tempo entre o endereçamento da memória e a apresentação de dados válidos no duto de dados (medido em nanossegundos)
- * **Capacidade**: é a quantidade de informação que pode ser armazenada em uma memória (medida em unidades de Bytes)
- * **Velocidade**: taxa em que os dados podem ser lidos ou gravados (quantidade de blocos de dados, ou Bytes, que podem ser transferidos durante um segundo): medida em unidade de Hz
- * **Potência**: consumida ou dissipada pela memória (depende da tecnologia e organização)
- * **Custo**: valor do semicondutor dividido pelo número de bits que pode armazenar.

Classificação

- **ACESSO**

Seqüencial ➔ as palavras são gravadas e lidas em seqüência

Vantagens: eficientes e de baixo custo

Desvantagens: muito lentas

Ex.: fita magnética, fita de papel

Aleatório (Direto) ➔ tempo de acesso igual para qualquer posição da memória

Ex.: Memórias semicondutoras

* **CD, DVD, HD** (não são seqüenciais, mas o tempo de acesso pode diferir de acordo com o endereço do dado)

Classificação

1. ACESSO

2. VOLATILIDADE

Voláteis → dado permanece gravado enquanto houver tensão de alimentação

Ex.: Memórias baseadas em FF

Não Voláteis → mantêm a informação mesmo sem alimentação

Ex.: Memórias Magnéticas, Memórias Ópticas, CD-ROMs, semicondutora ROM, EPROM

Classificação

1. ACESSO
2. VOLATILIDADE
3. **ESCRITA/LEITURA**

De Escrita e Leitura ➔ RWM (RAM)

Somente de Leitura ➔ ROM

Classificação

1. ACESSO
2. VOLATILIDADE
3. ESCRITA/LEITURA
4. **ARMAZENAMENTO**

Estáticas ➡ o dado inserido fica armazenado indefinidamente enquanto houver alimentação

Ex. Armazenamento em FF (SRAM)

Dinâmicas ➡ é necessária um “refresh” para manter o dado armazenado (DRAM)

Ex. Armazenamento em Capacitores

Tipos Básicos de Memórias Semicondutoras

- **ROM** (*Read Only Memory*)
 - Somente Leitura
 - Não-Voláteis

- **RAM** (*Random Access Memory*)
 - Escrita e Leitura
 - Voláteis

ROM – Características

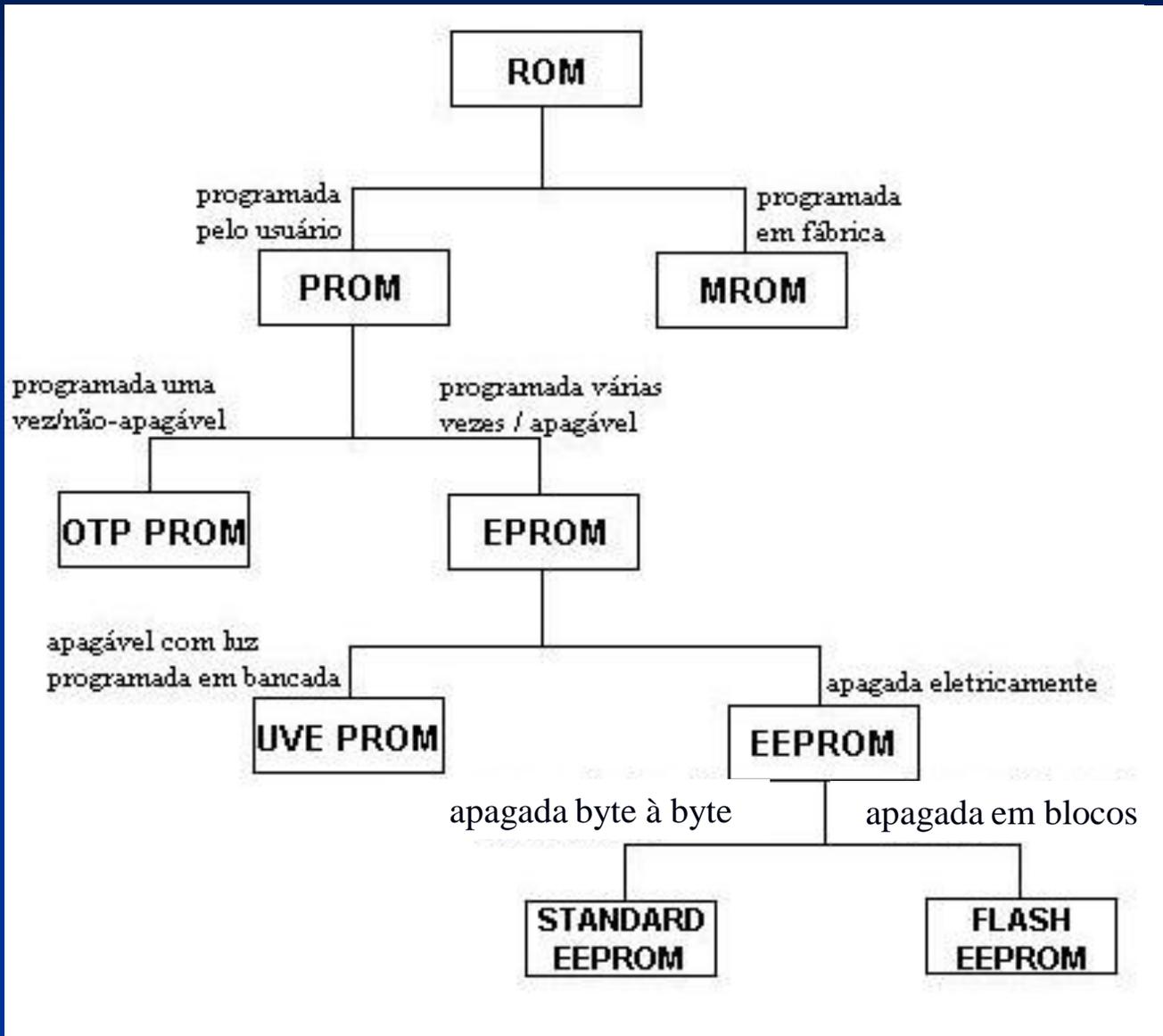
- Permitem apenas Leitura
- Constituídas de Circuitos Combinacionais
- Gerador de Produtos Canônicos para Seleção
- Não Voláteis
- Acesso aleatório (ram!!!) – tempo de acesso igual para qualquer endereço.
- Memória Estática
- Usada para armazenar programas estáticos (que não alteram) ⇨ armazenar o BIOS, na placa-mãe de um computador ou o programa de um microcontrolador

Memórias ROM

■ Tipos

- ROM: Read Only Memory (MROM)
- PROM: Programmable ROM
- EPROM: Erasable PROM
- EEPROM: Elettrically EPROM
- FLASH

ROMs - Hierarquia



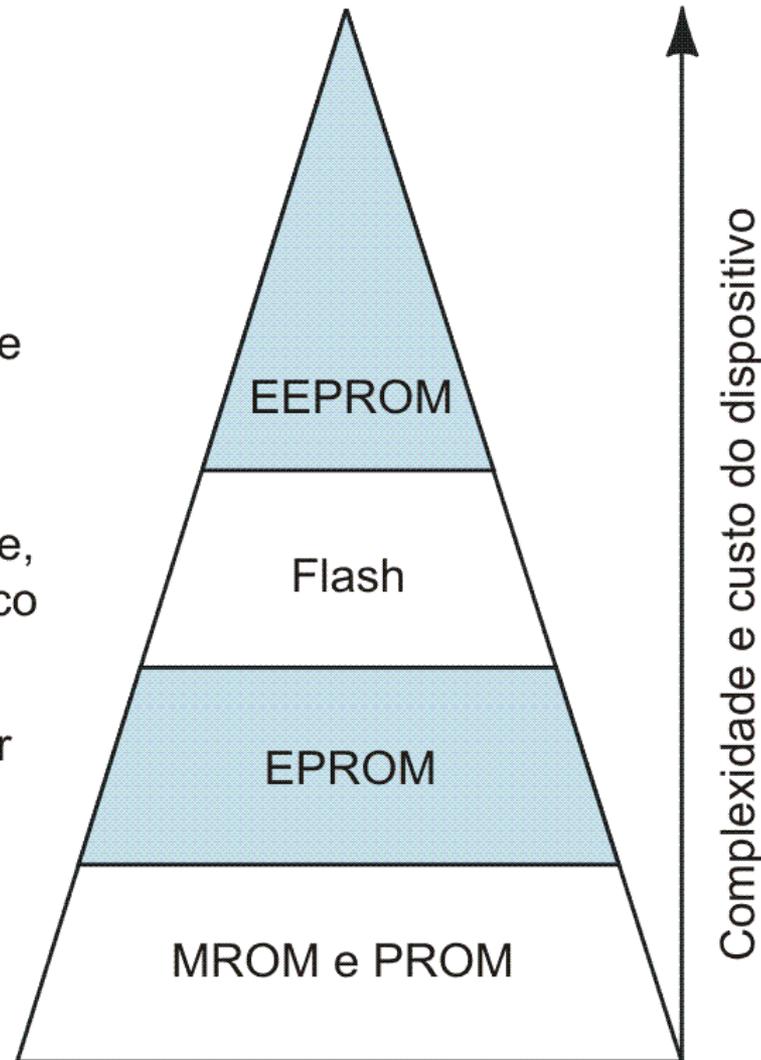
Memórias ROM - Custos

Pode ser apagada eletricamente no circuito byte a byte

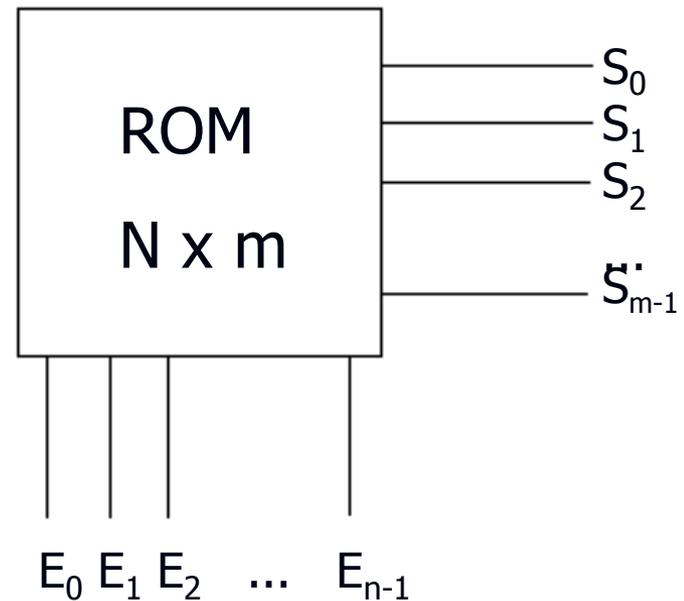
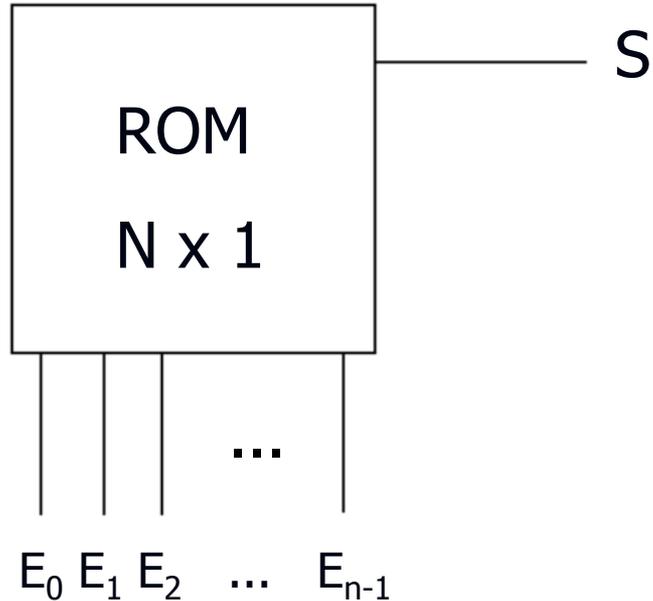
Pode ser apagada eletricamente, no circuito, por setor ou em bloco (todas as células)

Pode ser apagada em bloco por luz UV sendo apagada e reprogramada fora do circuito

Não pode ser apagada e reprogramada



ROMs - Representação



ROM

- Apenas de leitura
- Conteúdo estabelecido pelo usuário
- Gravação feita pelo fabricante

ROM 8 x 4

	END				DADOS			
	A ₂	A ₁	A ₀	.....	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
M ₀	0	0	0	.....	0	1	0	0
M ₁	0	0	1	.....	0	1	1	1
M ₂	0	1	0	.....	1	0	1	0
M ₃	0	1	1	.....	1	1	0	1
M ₄	1	0	0	.....	0	0	1	0
M ₅	1	0	1	.....	1	0	1	1
M ₆	1	1	0	.....	0	1	1	1
M ₇	1	1	1	.....	0	1	0	0

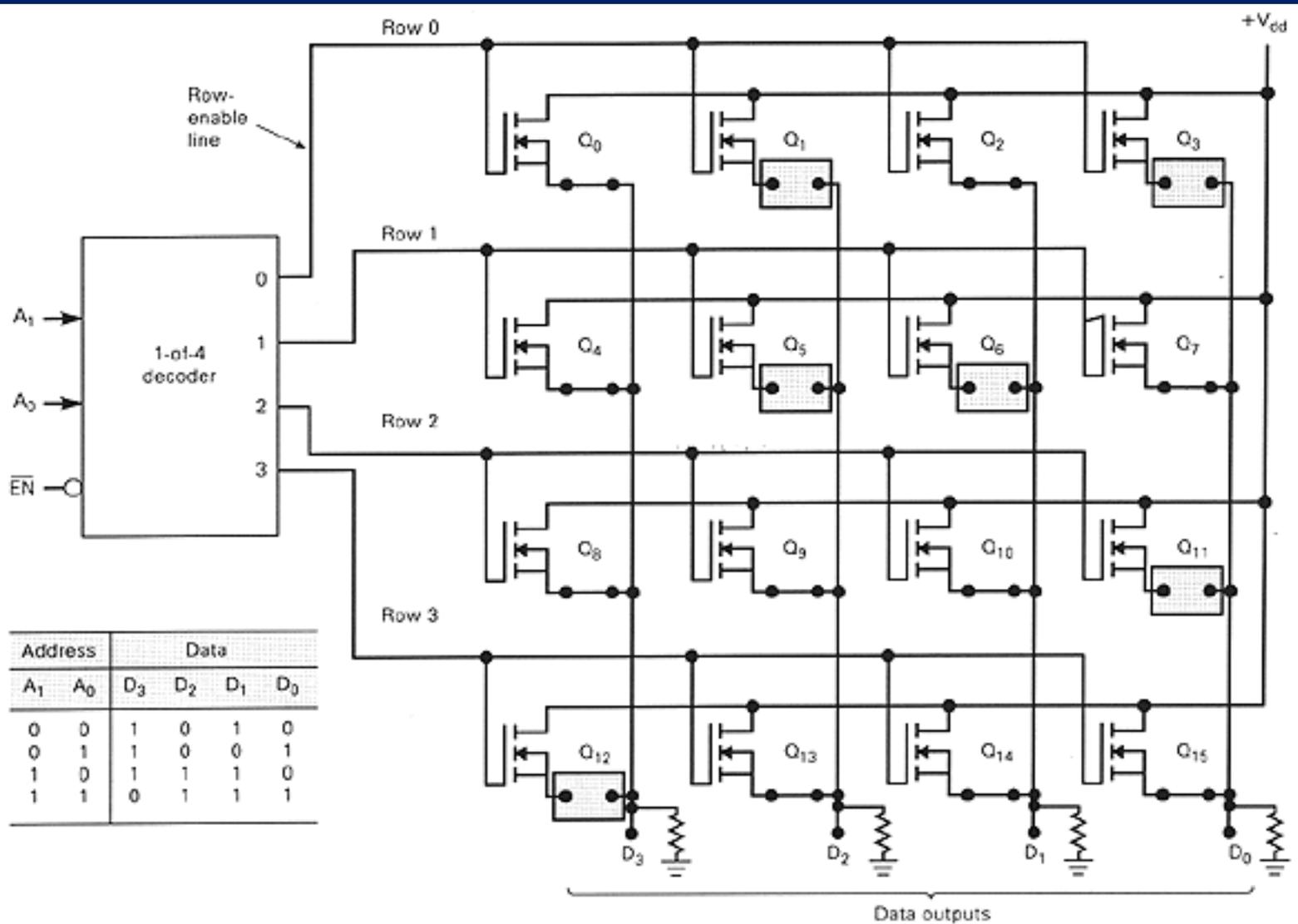
Memórias Mask ROM(MROM)

- 1º tipo de memória da família ROM que surgiu.
- informação é gravada pelo fabricante através da queima de componentes (diodos, fusíveis ou transistores bipolares) em uma matriz conforme a solicitação do projetista.
- O funcionamento por queima de componentes:
Gravação de “1” ➔ mantém-se a integridade do componente,
Gravação de ‘0’ ➔ queima-se o mesmo.
- Memória constituída de fusíveis ➔ quando se coloca “Vcc” no terminal de entrada de um fusível, obtém-se na saída nível lógico “1”. No entanto, quando se coloca “Vcc” no terminal de entrada de um fusível queimado, obtém-se na saída o nível lógico “0”, formando assim a lógica de gravação de uma memória do tipo ROM.

Desvantagens da Memórias MROM

- 1- Como a gravação depende do fabricante, o projetista fica sujeito a morosidade da entrega da memória gravada.
- 2- O custo é alto, viabilizando o uso da memória apenas para produtos produzidos em larga escala, pois a aquisição de memórias em grandes volumes reduz o custo por unidade.

Memória MROM (MASK ROM)



ROMs Programáveis

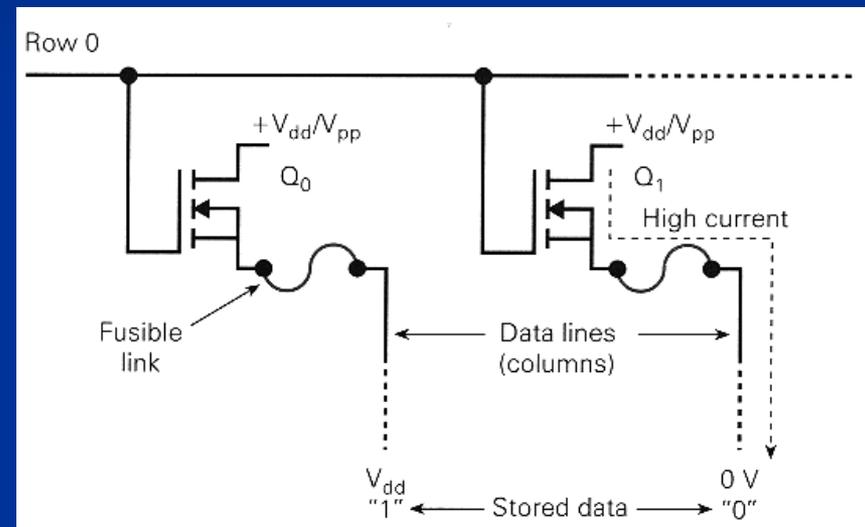
PROM (*Programmable Read-Only Memory*)

- Pode ser programada uma única vez pelo usuário
- Conexão entre linhas → transistor (ou diodo) + fusível
- Programação → romper o fusível, estabelecendo estado contrário do inicial(igual ao da MROM)
- Não volátil
- Acesso direto
- O procedimento para a queima dos componentes é fornecido pelos fabricantes e específico para cada circuito.
- A gravação é executada através de um aparelho chamado “*Gravador de PROM*”, o qual executa a queima dos componentes conforme a tabela de gravação do projeto.

ROM Programáveis

Memória PROM

- É implementada na forma matricial.
- Cada conexão consiste de um diodo ou transistor, em série com um fusível.
- Existe conexão de cada linha com cada coluna.
- Durante a programação, com a aplicação de tensão adequada na linha e coluna da conexão desejada, pode-se abrir o fusível correspondente.

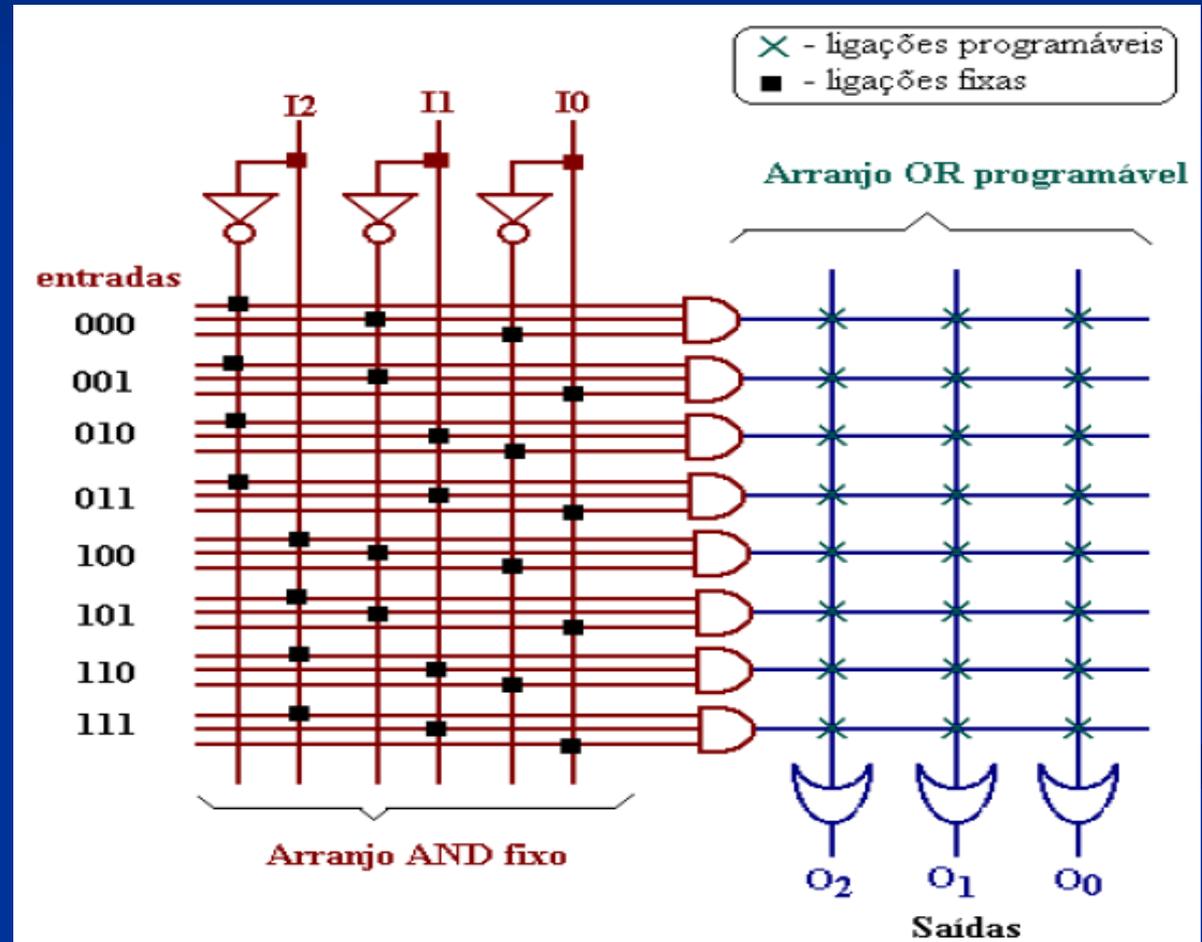


- **Vantagem:** programada pelo usuário.
- **Desvantagem:** qualquer modificação no programa pode requerer outra PROM.

ROM Programáveis

Circuito da Memória PROM

- Na memória *PROM* o arranjo *AND* é pré-definido em fábrica (arranjo fixo) e somente o arranjo *OR* é programável.



Circuito para programação

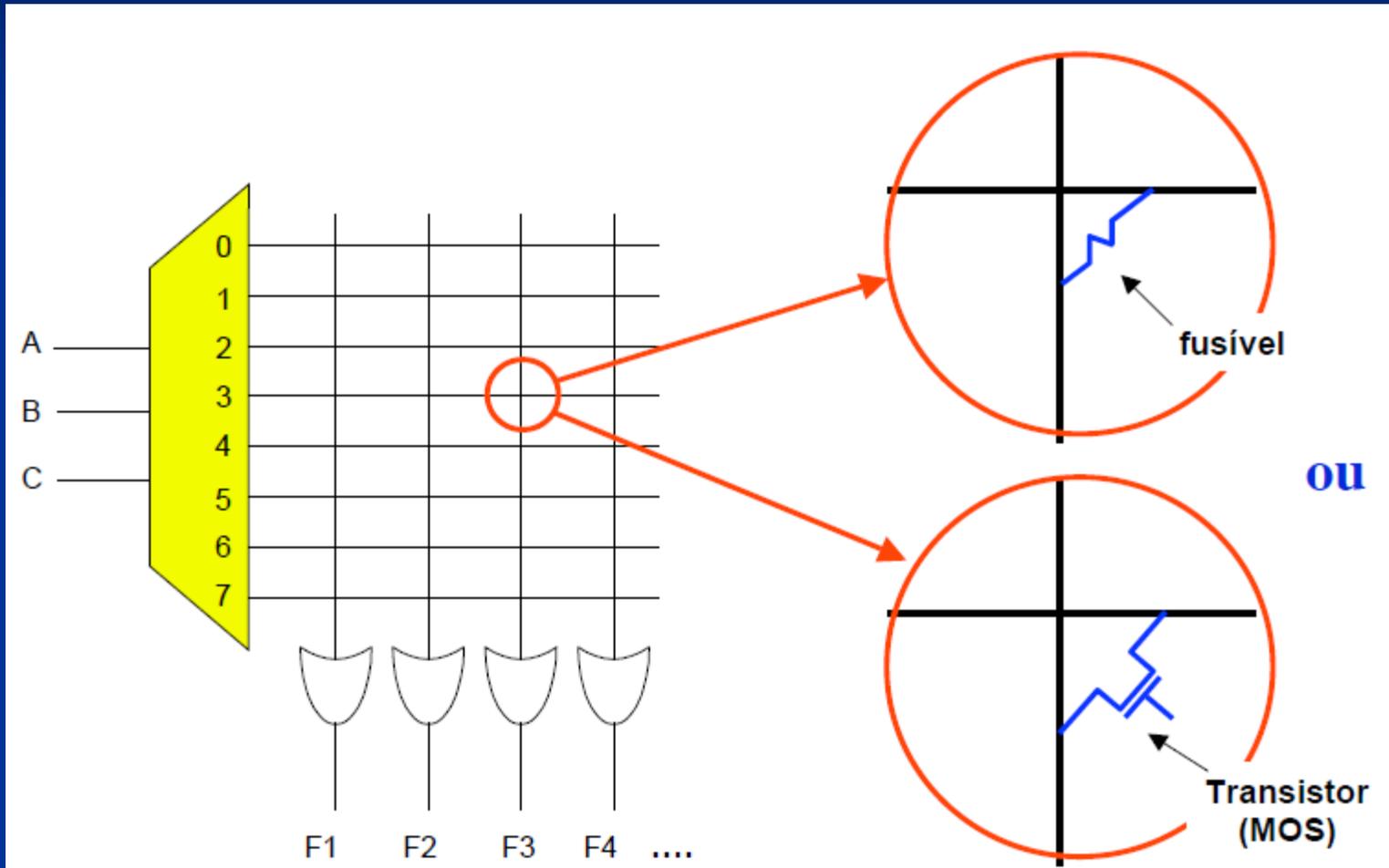
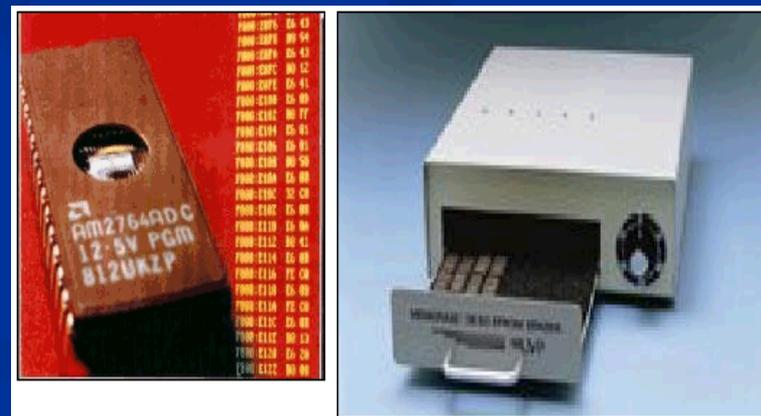


Figura :ref : http://www.inf.ufsc.br/~guntzel/ine5348/LogP_aula1T.pdf

Memória EPROM (Erasable PROM)

- Implementada na forma matricial.
- Elemento de conexão: transistor MOS - faz a conexão se houver carga elétrica na porta do mesmo.
- Exposição à luz UV forte permite a fuga das cargas, apagando a memória (15 a 20 min).
- Programador de EPROM.
- Pode ser programada centena de vezes
- Retenção do conteúdo : 10 anos, mas é susceptível à radiação e ruído (a janela de quartzo deve ser coberta).



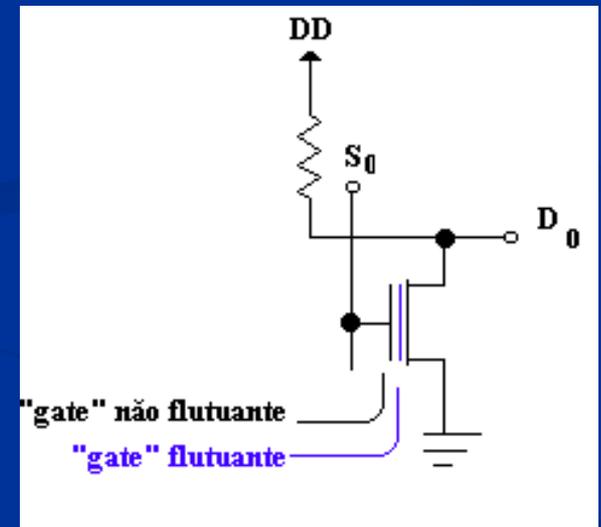
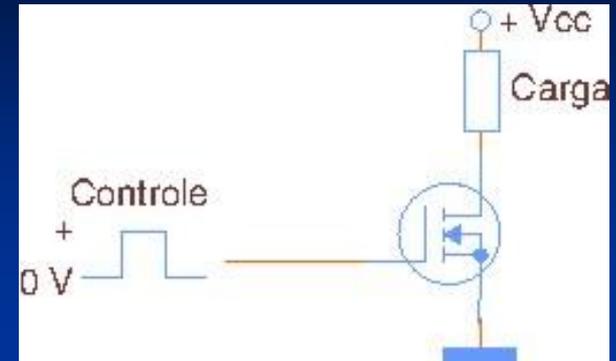
(a)

(b)

(a) EPROM, onde pode-se ver a janela para irradiação ultravioleta. (b) Apagador de EPROM.

Célula Básica de uma EPROM

- Na **EPROM**, ao invés de fusíveis como na PROM, a programação é feita por armazenamento de carga, onde cada bit da memória possui um transistor MOS com dois Gates, um deles flutuante (*floating gate*), entre a porta normal e o substrato, não conectado a grade de memória, e isolado por material de altíssima impedância (camada de óxido).



Memória EEPROM (Electrically EPROM)

- EEPROMs (E²PROMs): a mesma estrutura de porta flutuante que as EPROMs, mas com o acréscimo de uma região com uma fina camada de óxido sobre o dreno do transistor MOSFET da célula de memória. -> são apagáveis eletricamente.
- possibilidade de programar e apagar eletricamente bytes individuais da matriz -> tempo de programar uma posição de memória é 5ms.

EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*)

- Tipo de memória não volátil mais flexível
- Pode ser apagada/regravada sob o controle de *software*
- Tipo usado para armazenar BIOS > usuário pode realizar atualizações no BIOS fornecidas pelo fabricante da placa de CPU*
- permite leitura e escrita, mas não substitui uma memória do tipo que lê e escreve (RAM) pois a EPROM tem tempo de escrita muito superiores, custo maior e aceita um número limitado (10 mil) de ciclos de apagamento/gravação.

Fazer um “flash BIOS” ou “fazer um *firmware update* significa reprogramação do BIOS EEPROM com um *software* especial

Desvantagem da EEPROM

(*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*)

- ✓ para possibilitar o apagamento byte a byte a célula aumentou em complexidade;
- ✓ sua célula mais o seu circuito de suporte requerem aproximadamente duas vezes a área de uma EPROM.

Desvantagem da EEPROM *standard* está na densidade e **custo em relação à FLASH**

Memórias FLASH

- é uma EEPROMs mais simples (e moderna): desenvolvida pela Toshiba na década de 80. Seus chips são bastante semelhantes aos de memória RAM, sem que haja, no entanto, perda de dados quando a alimentação é desligada.

- **vantagem da memória FLASH:** maior poder de integração(ocupação mínima), menor custo, baixo consumo de energia , alta resistência, durabilidade e segurança.

- **desvantagem da memória FLASH:** deve ser apagada por blocos



Memórias FLASH

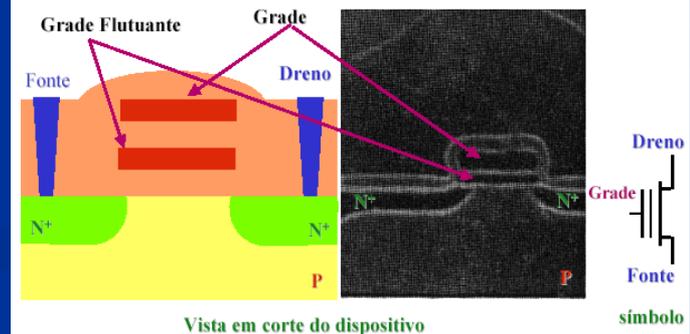
• Aplicação:

- Usadas no lugar de disquetes ou discos rígidos de pequenas capacidade (HDs de estado sólido-SSD),
- Bastante utilizada em dispositivos móveis como pendrives e players, cartões de memória, memória de câmeras, celulares, palmtops, HDs de estado sólido (SSDs),



Memórias Flash

Dispositivo básico: Transistor de gate flutuante (FAMOS)



FIM