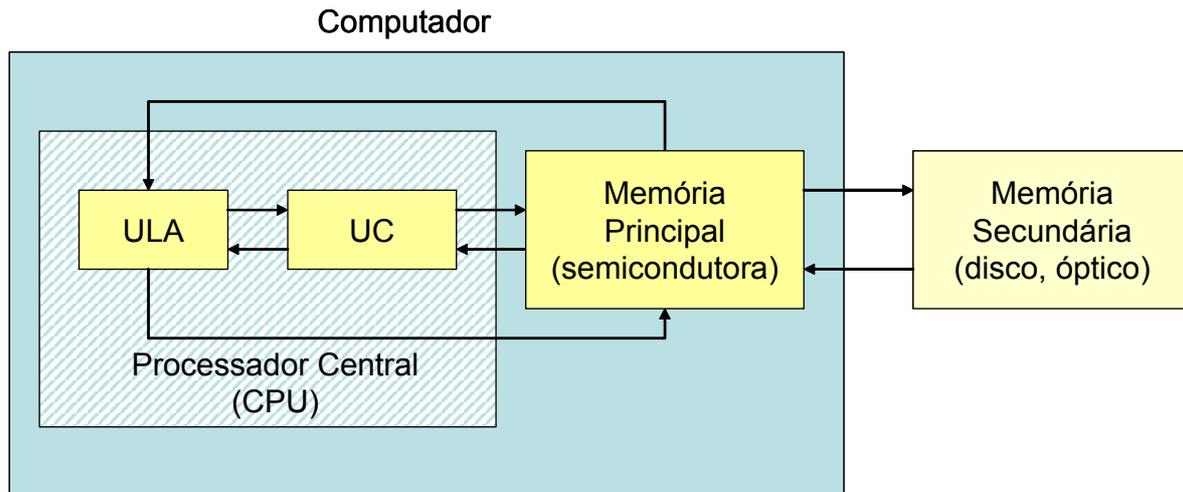


Memórias

Memória Dispositivos que armazenam informações codificadas digitalmente, através de um código binário qualquer. Essas informações podem ser números, letras (código ASCII), caracteres quaisquer e comandos de operações (programas). Podem ainda ser utilizadas para executarem funções de circuitos combinacionais.

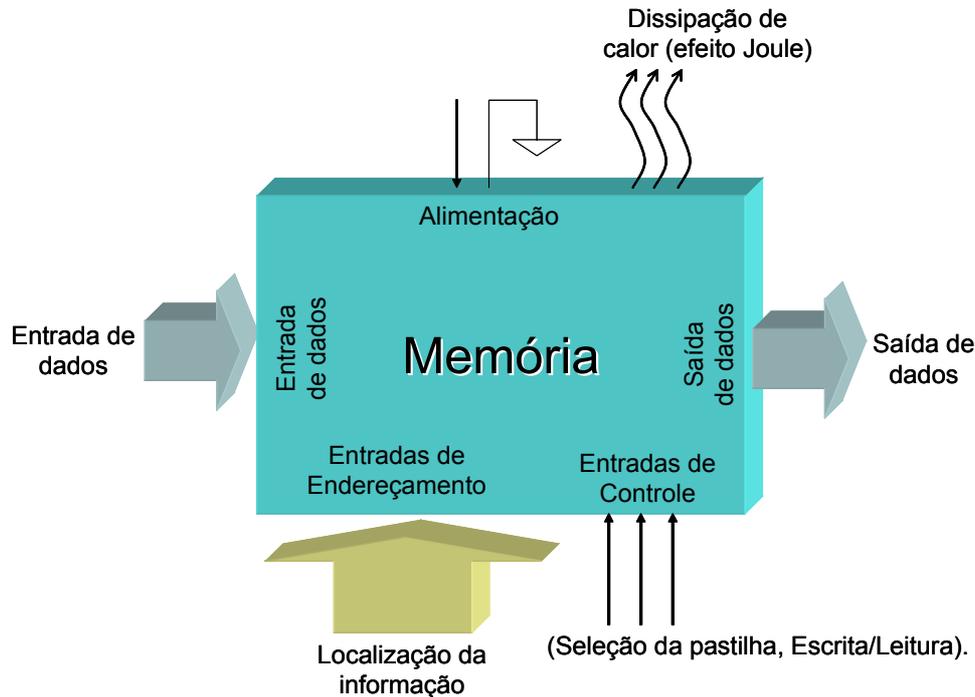
Aplicação de Circuitos de Memória:



A fim de simplificar o estudo a respeito de circuitos de memórias, podemos **classificar as memórias** em várias categorias diferentes, considerando diferentes itens:

- a) Tipo de acesso;
- b) Volatilidade dos dados;
- c) De Escrita/Leitura ou Somente Leitura;
- d) Modo de Armazenamento;
- e) Densidade;
- f) Velocidade;
- g) Potência (consumo);
- h) Custo.

Diagrama de blocos "geral" de uma memória:



Capacidade da memória:

Ex1: Certo tipo de chip de memória semicondutora é especificado com 2K x 8. Quantas palavras podem ser armazenadas neste chip? Qual é o tamanho da palavra? Qual é o número de bits que este chip pode armazenar?

Solução:

$$2K = 2 \times 1.024 = 2.048 \text{ palavras}$$

Cada palavra é de 8 bits (1 byte). O número total de bits, é, portanto:

$$2.048 \times 8 = 16.384 \text{ bits ou } 16K\text{bits.}$$

Ex2: Qual é a memória que armazena mais bits: uma memória de 3M x 8 ou uma memória que armazena 3M de palavras, sendo o tamanho desta palavra 16 bits?

Solução:

$$\text{Memória 1) } 3M \times 8 = 3 \times 1.024 \times 1.024 \times 8 = 25.165.824 \text{ bits.}$$

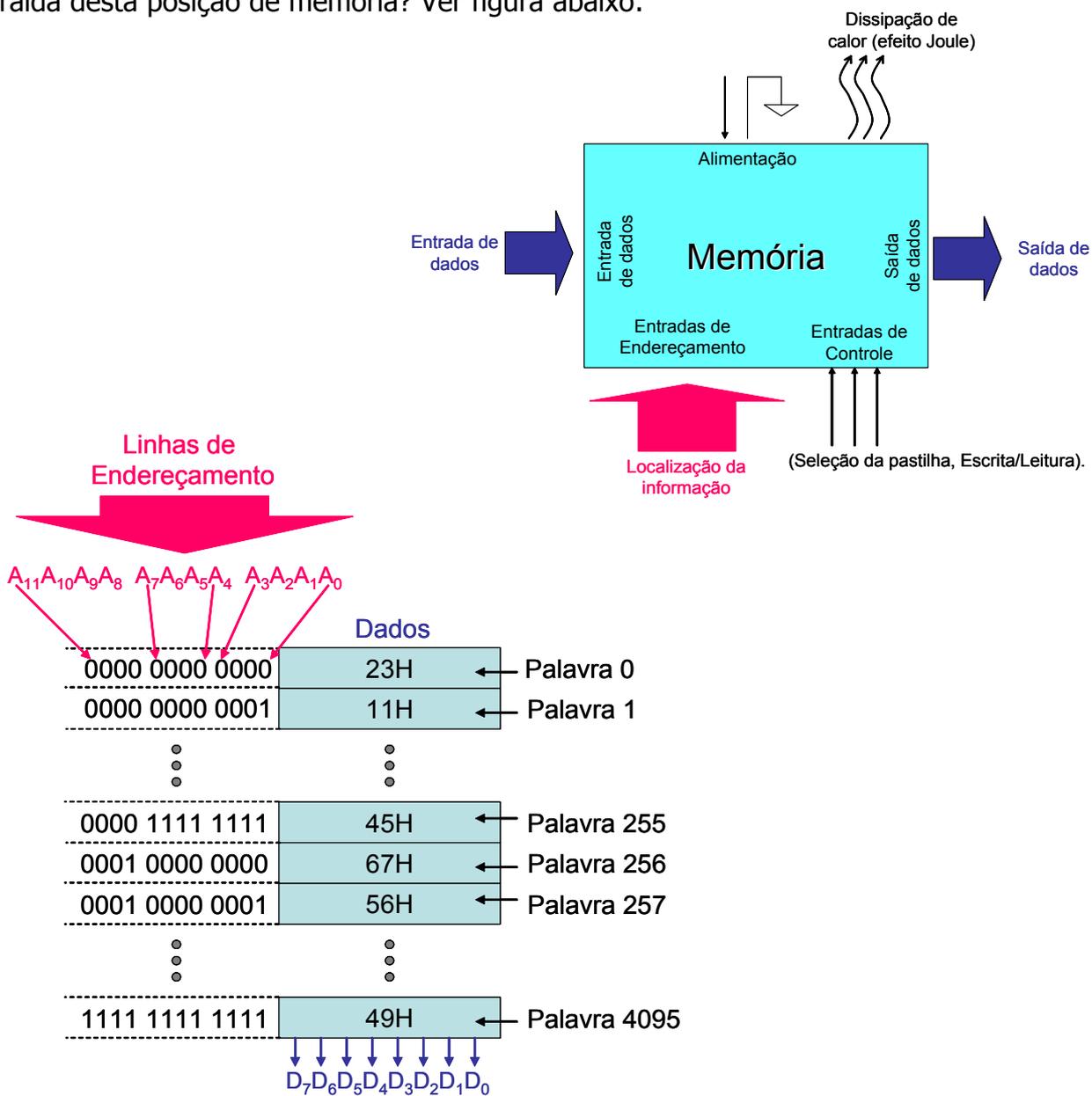
$$\text{Memória 2) } 2M \times 16 = 3 \times 1.024 \times 1.024 \times 16 = 33.554.432 \text{ bits.}$$

Observações: "1K" = 2^{10} = 1.024 posições (endereços);
 "1M" = 2^{20} = 1.048.576 posições;
 "1G" = 2^{30} = 1.073.741.824 posições.

Então: 4K x 20 = é na realidade, uma memória de 4.096 x 20 bits.

Acessando posições na memória:

Suponha que dentro de uma memória, desejamos acessar a posição 100H. Que informação seria extraída desta posição de memória? Ver figura abaixo:



Obs: $100H = 1 \times 16^2 = 1 \times 256 = 256$

Tipos de Circuitos de Memória:

- a) Tipo de Acesso:**
- acesso aleatório:
RAM (Random Access Memory), disquete, disco de vinil
 - acesso seqüencial:
fita magnética, CD-ROM.

Associado ao Tipo de acesso, temos o **tempo de acesso** de uma memória é o tempo necessário para se ter acesso ao conteúdo de uma **posição de memória** (ou endereço).

Tempo de acesso = intervalo de tempo necessário desde a entrada de um endereço até o momento em que a informação surge na saída. Para as memórias de escrita/leitura é também o intervalo de tempo necessário para a informação ser gravada (escrita).

Podemos ter acesso à uma dada posição de memória de 2 maneiras diferentes:

Acesso Seqüencial Neste tipo de memória, dado o endereço desejado, se necessita percorrer todas as posições de memória anteriores para alcançar o endereço (posição) desejada e finalmente o seu conteúdo.

Ex.: **fita magnética** – para se ter acesso a uma informação gravada em um ponto qualquer, necessitamos percorrer toda a fita até esta posição para somente então termos acesso à informação lá estocada. No caso da fita ainda, se uma informação estiver no fim do rolo, precisamos enrolar toda a fita até alcançar esse ponto, logo, o tempo de acesso será longo. Se a informação estiver no início da fita, o tempo de acesso será menor.

Acesso aleatório (randômico) Neste tipo de memória, uma vez passado o endereço desejado, temos acesso imediato (quase) a informação lá estocada.

Ex.: **disco de vinil**, RAM (Random Access Memory).
Note que este tipo de memória possui grande vantagem de exibir tempo de acesso pequeno e fixo para qualquer posição (endereço) de memória.

b) Memórias quanto à **volatilidade dos dados**:

As memórias podem ser:

voláteis perdem seus dados quando “perdem” a alimentação; e

não voláteis mantêm os dados mesmo na ausência de alimentação.

Exemplos de memórias voláteis:

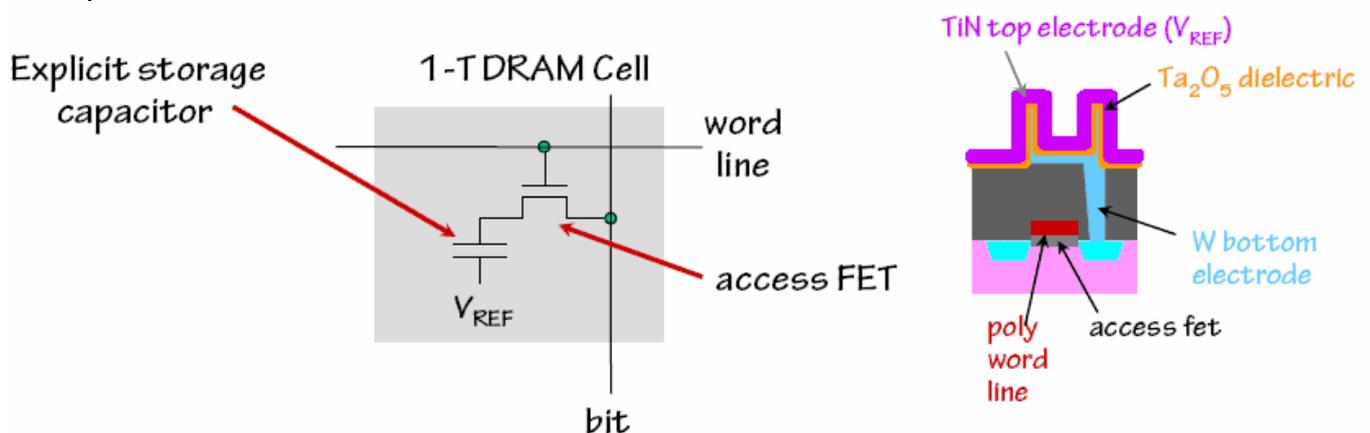
memórias feitas à partir de materiais semicondutores, que possuem como elemento central, flip-flops, como as RAM dinâmicas.

Já exemplo de memórias não-voláteis:

fitas magnéticas, disquetes, CD-ROMs e memórias semicondutoras do tipo ROM, PROM, EPROM, EEPROM, RAMs Estáticas (*static* RAM)

RAMs Estáticas (SRAMs):	RAMs Dinâmicas (DRAMs):
<p>Estocam dados em elementos do tipo flip-flops. Mais cara, acesso mais rápido. Usada para memórias cache de microprocessadores.</p> <p>Exemplo: CI 7489 de 64 bits organizados na forma de 16 palavras de 4 bits de largura.</p>	<p>Estocam dados na forma de cargas elétricas - num dispositivo do tipo MOS.</p> <p>Neste tipo de memória a célula da carga perde seu conteúdo num período de tempo muito pequeno, assim este tipo de memória necessita ser "refrescada" muitas vezes por segundo (circuitos externos de <i>refresh</i>).</p> <p>A parte lógica deste tipo de memória é simples, assim ela exige menos espaço numa pastilha de silício (ocupa ¼ parte da SRAM).</p> <p>E memórias dinâmicas são encontradas em tamanhos (capacidades de armazenamento) maiores que as RAM estáticas. Algumas RAMs dinâmicas mais recentes já incorporam circuitos de refresh na própria pastilha.</p> <p>Exemplo: MOS memory 2114 de 4096 bits organizados na forma de 1024 palavras de 4 bits cada.</p>

Exemplo de célula interna de uma DRAM:



c) Memórias de Escrita/Leitura e Memórias só de Leitura:

As **memórias de escrita/leitura** são aquelas que permitem tanto que se grave (escreva) informação, quanto se leia informações.

Exemplos: fita magnética, disquetes, RAMs.

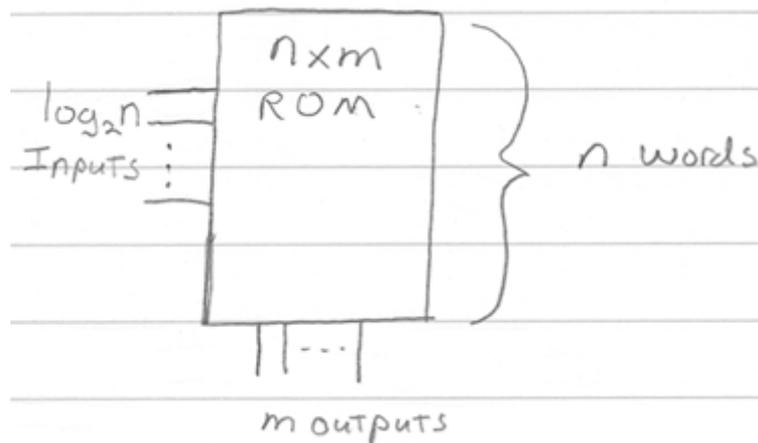
Já as **memórias somente de leitura** só permitem leitura de informações depois de os dados já terem sido gravados (ou programados) nela.

Exemplo: disco de vinil, discos de CD-ROM (estampados),

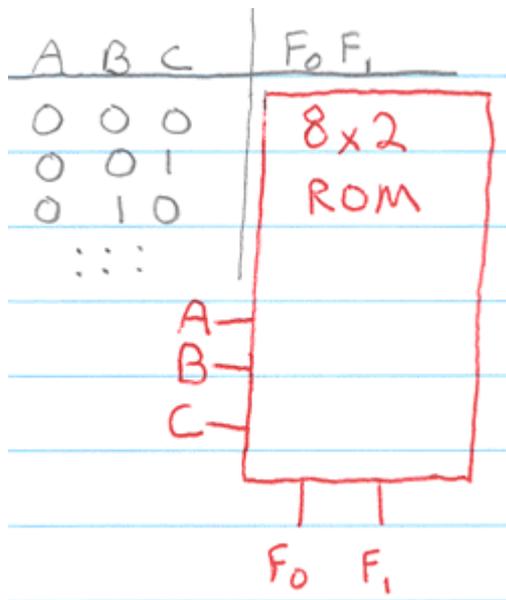
Memórias só de leitura (ou programação quando possível):

ROMs	Read-Only Memory, "máscara" pronta pra determinada aplicação.
PROMs	Programmable ROM, programável por "fusíveis" – não permite erro na gravação dos dados.
EPROM	Erasable PROM, Apagável com luz ultravioleta, programável com tensão mais alta: 12 V ~ 25 V.
EEPROM	Electrical Erasable PROM) ou Flash EPROM (programável com níveis baixos de tensão: 5 Volts.

As memórias ROM são do tipo fixa e permitem o acesso aleatório a qualquer uma das suas posições. Permite apenas leitura do conteúdo e é destinada a guardar informações de forma permanente.



Uma ROM pode ser usada para gerar uma tabela verdade (acumular resultados de funções matemáticas por exemplo):



Por exemplo:

$$F_0 = A$$

$$F_1 = A'B' + AB$$

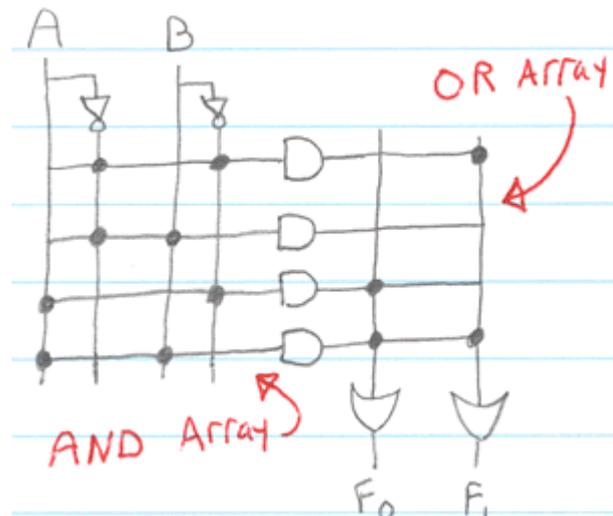


Tabela verdade completa (todos os minitermos possíveis):

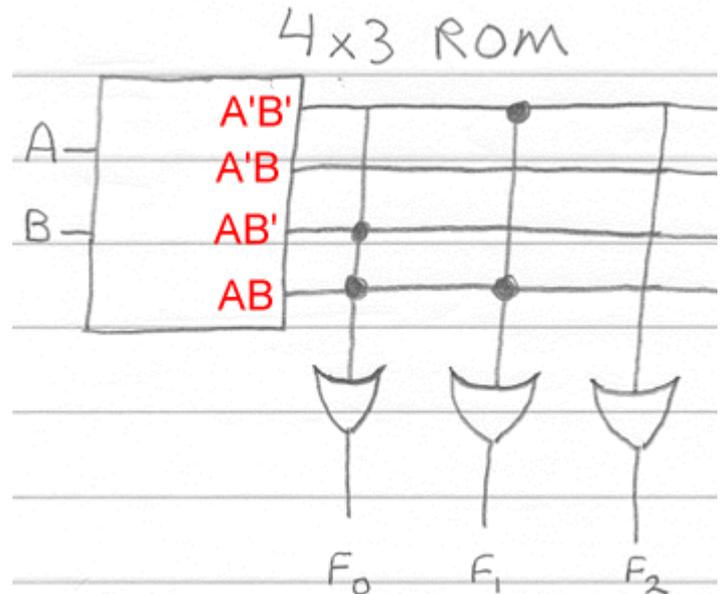
A	B	F ₀	F ₁
0	0	0	1
0	1	0	0
1	0	1	0
1	1	1	1

Ou seja (forma canônica):

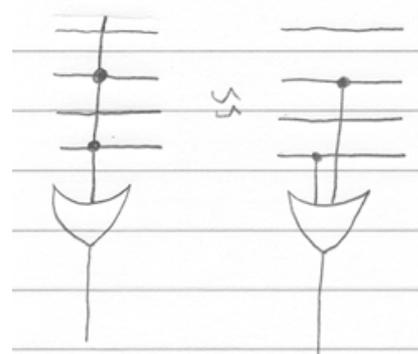
$$F_0 = AB' + AB$$

$$F_1 = A'B' + AB$$

Implementação usada internamente na ROM:



Atenção:



Exemplo de uma PROM: o armazenamento é feito pelo usuário, agilizando processos industriais, através da queima de um "fusível" – diodo ou porta lógica. O procedimento para queima dos diodos é fornecido pelos fabricantes e específico para cada circuito (aplicação). Note que uma vez programada (gravada), esta memória não pode mais ser apagada para correções ou uma nova utilização.

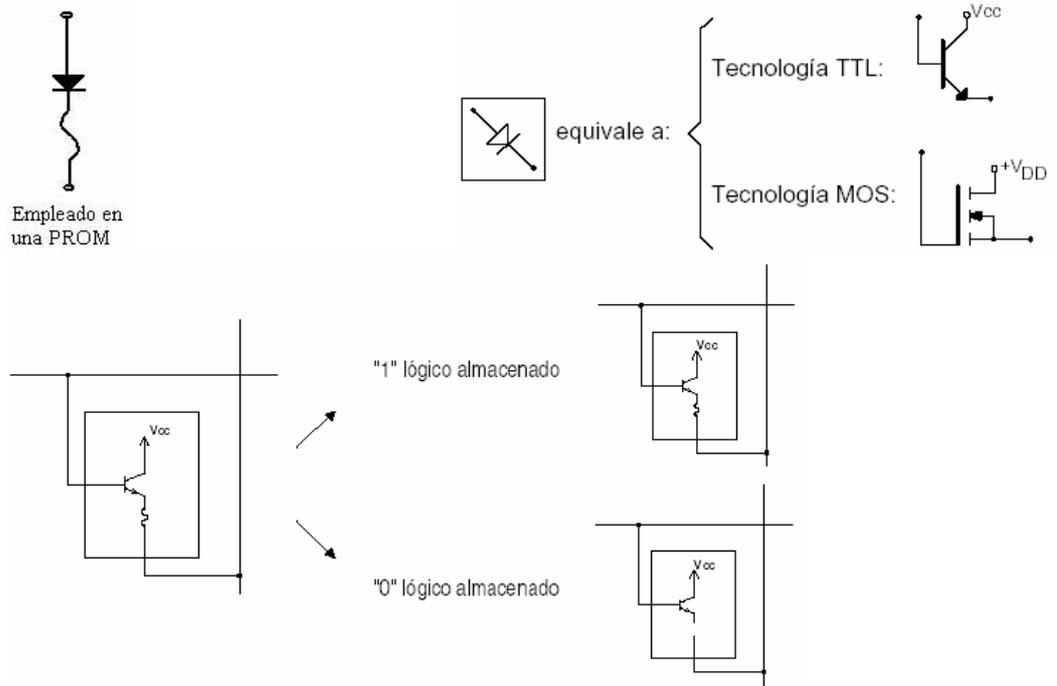


Figura 1.9: Celda PROM de transistores MOS

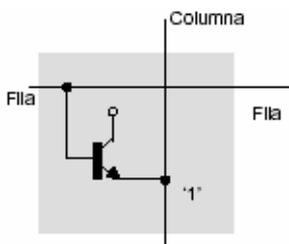


Figura 5.14 Celdas ROM bipolares.

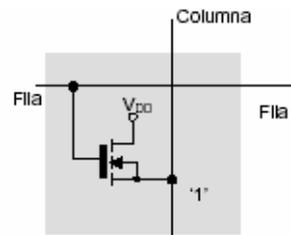
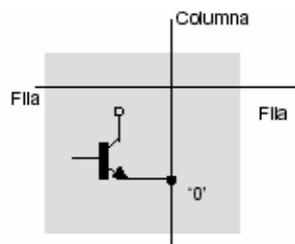
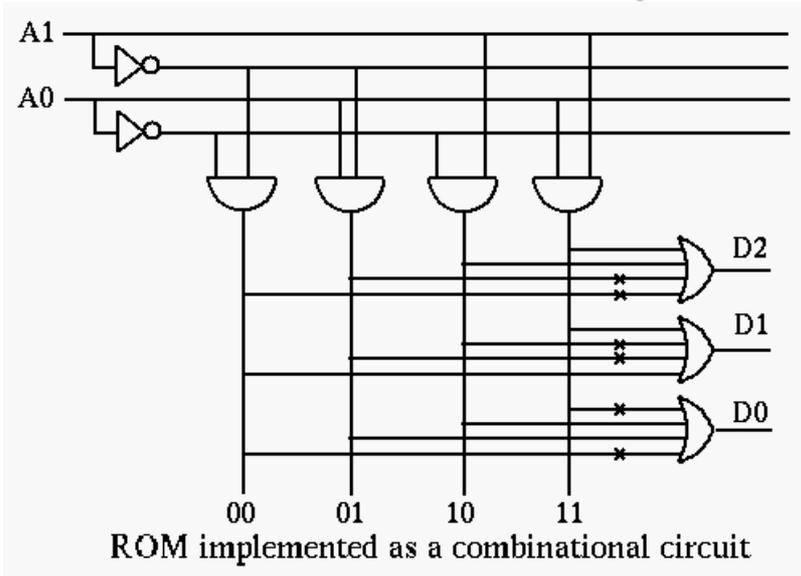
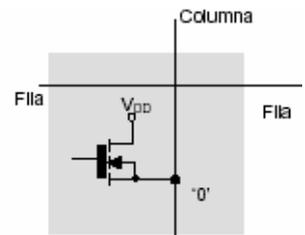
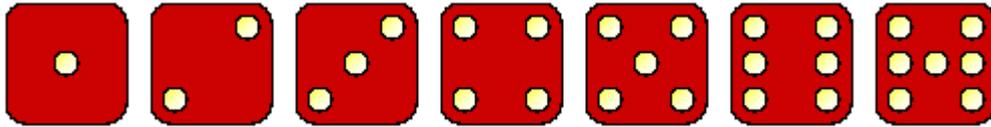


Figura 5.15 Celdas ROM MOS.

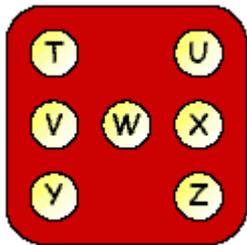


Exemplo de aplicação de uma ROM:

Suponha que se deseja implementar um circuito que acenda os leds de um dado "eletrônico" conforme mostra a figura abaixo:



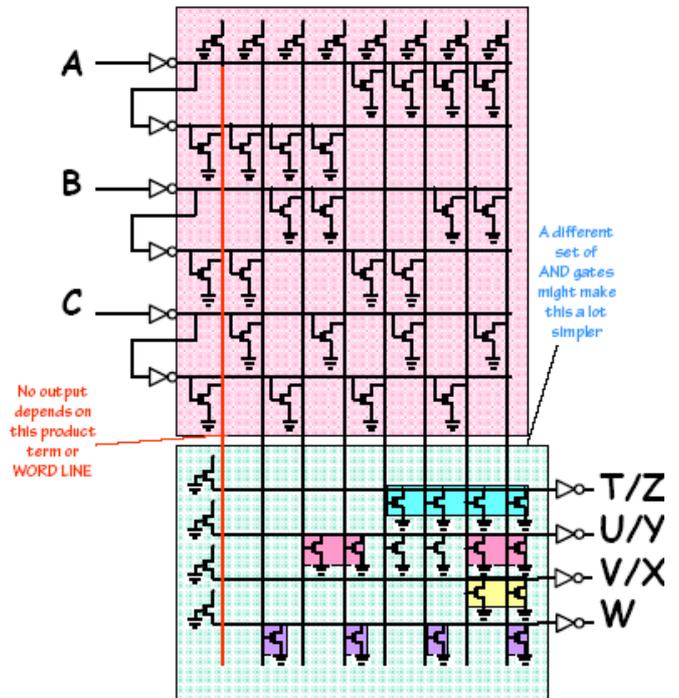
Onde cada led é assinalado por uma letra (variável de saída):



Esta tabela poderia ser implementada numa ROM:

Uma tabela verdade relacionando o código binário de entrada com os leds que deveriam acender na sua saída pode ser gerada:

Entradas			Saídas						
A	B	C	T	U	V	W	X	Y	Z
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

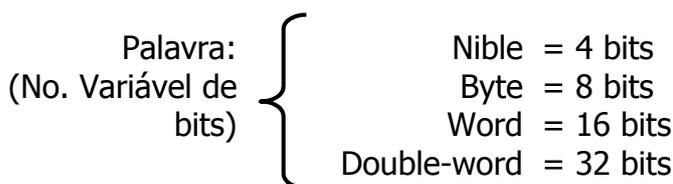


Ref.:

http://www.thelearningvault.com/courses/Electrical_and_Computer_Engineering_1/Computation_Structures_2/Lecture_Notes_6/Chapter_18_The_Memory_Hierarchy_250_Page8.html

Observações:

Decodificações de endereço:



Outros tipos de ROM:

Arquitetura similar às PROM, mas de tecnologia MOS, que permite que o conjunto inteiro das informações nela armazenada seja apagado através de um "banho" de luz ultravioleta (2.537Å, 10 à 30 minutos) através de uma janela de quartzo localizada na face superior da pastilha.

A gravação de dados é feita através de circuito eletrônico especial. Deve-se aplicar um pulso da ordem de 12 à 50 Volts (depende do fabricante) na junção P~N desejada (endereçamento).

O pulso para indicar a programação é aplicado num pino específico da pastilha (PGM), onde também foram polarizadas as linhas de endereços e dados. A duração desse pulso é da ordem de 1 ms (varia conforme o fabricante).

O apagamento ocorre em todos os bits da memória.

Exemplo: CI 27C512 (64K x 8):

EPROM:
(Erasable
PROM)

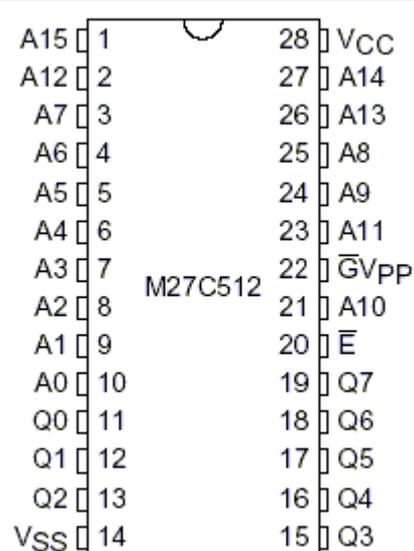


Tabela verdade da EPROM 27C512:

Mode	Pins	$\overline{CE}/\overline{PGM}$ (20)	\overline{OE} (22)	V_{PP} (1)	V_{CC} (28)	Outputs (11-13, 15-19)
Read		V_{IL}	V_{IL}	5V	5V	D_{OUT}
Standby		V_{IH}	Don't Care	5V	5V	Hi-Z
Program		V_{IL}	V_{IH}	13.0V	6V	D_{IN}
Program Verify		V_{IH}	V_{IL}	13.0V	6V	D_{OUT}
Program Inhibit		V_{IH}	V_{IH}	13.0V	6V	Hi-Z
Output Disable		Don't Care	V_{IH}	5V	5V	Hi-Z

EEPROM (Electrical Erasable ROM)

Neste tipo de memória, tanto a gravação como o apagamento dos dados são feitos através de sinais elétricos. De tecnologia MOS, utiliza capacitores de carga num circuito modificado capaz de garantir o armazenamento das informações entre 20 à 30 anos.

Este tipo de memória não necessita de uma tensão elevada de gravação, servem os 5 Volts da tensão de alimentação habitual. Em comparação com as memórias EPROMs, apresenta a vantagem de permitir seu apagamento e programação no circuito, apesar de seu custo superior.

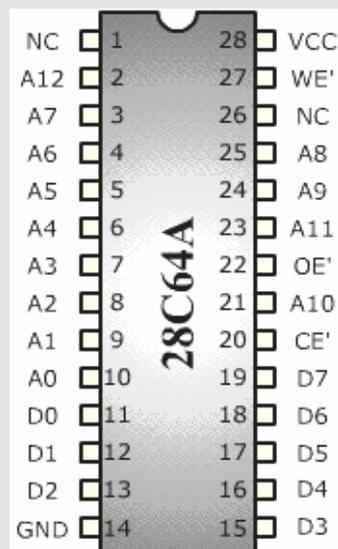
Também não é necessário se apagar toda a memória para corrigir algum dado ou usar a memória para novos valores (atualizar conteúdos).

O tempo de programação depende de um pulso por cada palavra de dados: de 10 ms, contra 50 ms normalmente exigidos por uma EPROM.

Permite programar e apagar a memória byte à byte (acesso individual à programação de cada byte) – agregando grade flexibilidade. Entretanto, cada célula de memória é mais complexa. Além do transistor de porta flutuante existente numa EPROM, emprega um segundo transistor de seleção. Por exigir 2 transistores por célula, as memórias EEPROM são de mais baixa densidade e maior custo que as EPROMs.

Estas memórias costumam começar sua numeração com, o prefixo 28, assim, uma 2864 indica uma memória EEPROM de 64Kbytes, equivalente em pinagem e modo de operação de leitura a uma EPROM 2764.

Exemplo: 28C64A (8K X 8 (64 KB)



Características Técnicas:

Referencia: 28C64A

Tipo: EEPROM CMOS

Capacidade (bits): 8.192 X 8

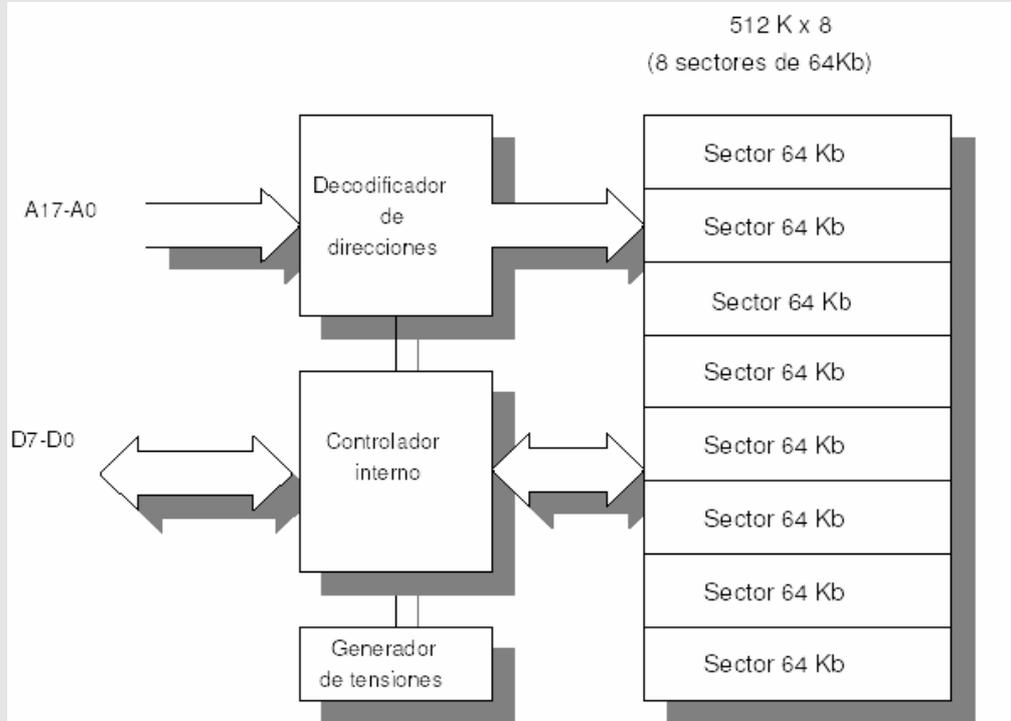
Alimentação: 5V

Tempos de Acesso: 120/150/200 ns

Encapsulamento: DIL-28 y PLCC-32

A memória FLASH é similar a EEPROM.

Mas sua estrutura interna (de células) é organizada em nível de blocos. A figura abaixo nos mostra a arquitetura na forma de blocos (setores) de uma memória FLASH de 512K x 8. Cada um dos blocos se apaga independentemente dos outros, sendo necessário apagar todo um bloco antes de sua programação.



Flash EPROM

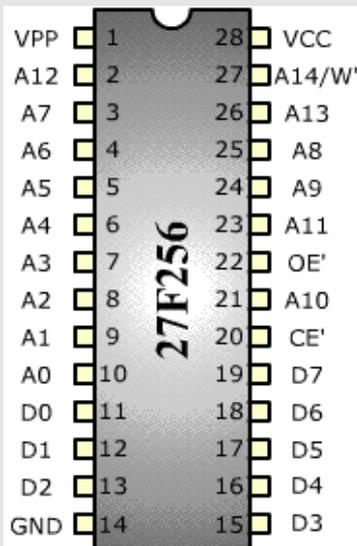
Programar esta memória é um processo de troca de "1" lógico por um "0" lógico. Apagar um sector muda todos os "0" lógicos deste sector por "1" lógicos.

Não é possível reprogramar um determinado endereço: se faz necessário apagar previamente todo o sector antes de voltar a programar esse endereço.

A programação se efetua com a aplicação de uma tensão de programação (geralmente entre 12V a 12.75 V).

É muito mais rápida que um disco rígido. Pode armazenar até 160MB de informação.

Exemplo: 27F256 (32K X 8):



Características técnicas:

Pode ser totalmente apagada num tempo muito curto: 1 seg.

O tempo de programação por byte é de 100 ms. Retêm informação por aprox. 10 anos.

Resumo das principais memórias semicondutoras:

Tipo	Categoría	Borrado	Alterable por byte	Volátil	Aplicación típica
SRAM	Lectura/escritura	Eléctrico	Si	Si	Caché
DRAM	Lectura/escritura	Eléctrico	Si	Si	Memoria principal
ROM	Sólo lectura	Imposible	No	No	Equipos (volumen de producción grande)
PROM	Sólo lectura	Imposible	No	No	Equipos (volumen de producción pequeño)
EPROM	Principalmente lectura	Luz UV	No	No	Prototipos
EEPROM	Principalmente lectura	Eléctrico	Si	No	Prototipos
Flash	Lectura/escritura	Eléctrico	No	No	Cámara digital

d) Memórias quanto ao **Modo de armazenamento**:

Quanto ao modo de armazenamento as memórias podem ser classificadas em estáticas e dinâmicas:

Estáticas São aquelas que, uma vez inserido um dado numa certa posição, este lá permanece (indefinidamente).

Dinâmicas São aquelas em que necessitamos reinserir informação nela gravada, de tempos em tempos, num processo conhecido como "refresh" (ou ciclo de refresh de circuitos de memória).
De tempos em tempos, "refresca-se" a informação contida em todas as posições de memória.
Se o processo de "refresh" não ocorre, este tipo de memória "esquece" os dados que haviam sido estocados nela.

e) Memórias quanto sua **Densidade**:

Densidade Número de bits armazenados por área física.
Está relacionado à capacidade total de armazenamento de uma memória.

Exemplo: P/fitas magnéticas: 20 Kbytes/pés
Memória RAM de 128 K x 1 bit.

f) Memórias quanto à **Velocidade**:

Velocidade se refere à rapidez com que os dados podem ser acessados (lidos) ou armazenados (gravados).

g) Memórias quanto à **Potência (consumo)**:

Se refere a potência consumida (ou dissipada) pela memória.

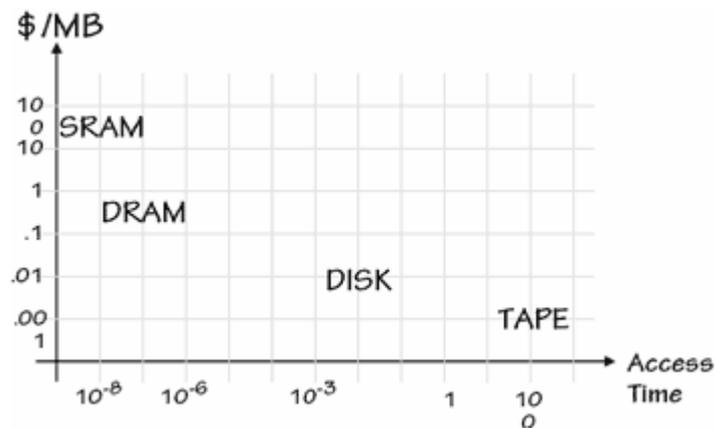
h) Memórias quanto à **Custo**:

Aqui se leva em consideração o custo de armazenamento por bit, ou seja, o valor do semicondutor dividido pelo número de bits que pode armazenar.

Exemplo: Qual circuito de memória é mais econômico ?

RAM ou Disco Rígido.

Qual a mais veloz?



Conclusão



Solução de Compromisso:

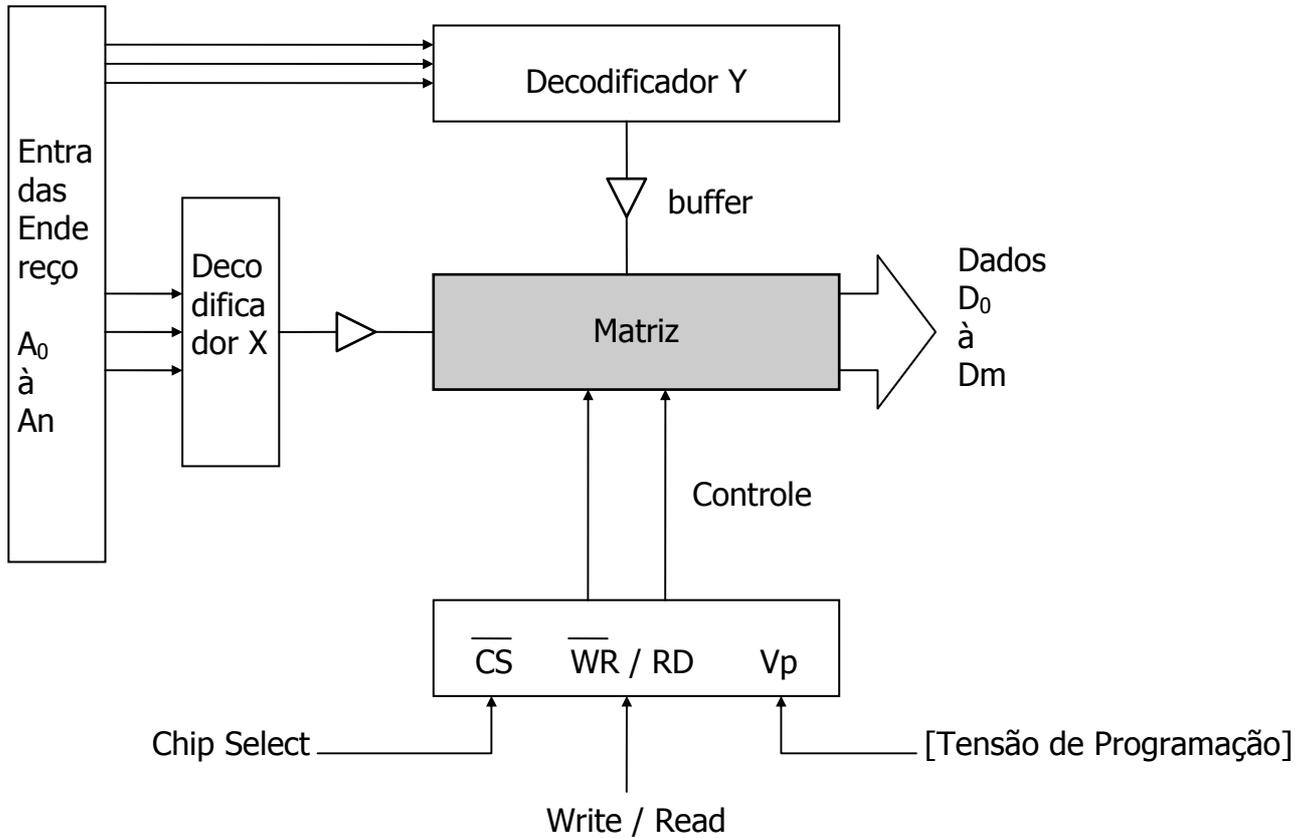
Custo × Velocidade.

Termos adotados na área (nomenclatura)

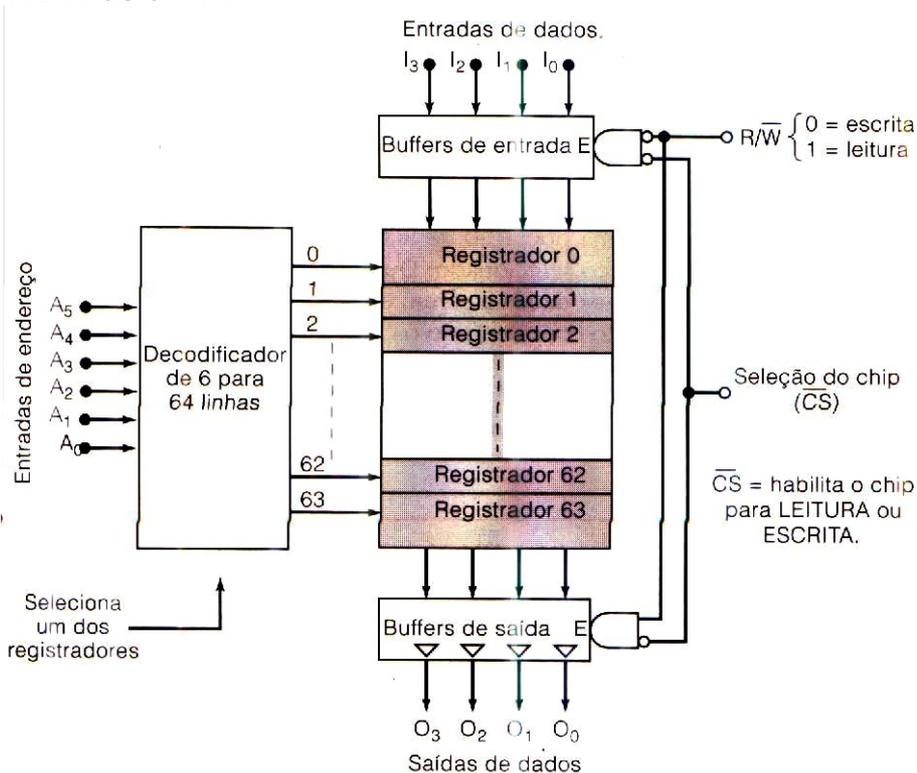
Escrita (Write)	procedimento de armazenamento (gravação) de informação binária na memória. Numa operação de escrita, a informação colocada na entrada de dados é copiada num certo endereço da memória
Leitura (Read)	procedimento de recuperação, leitura ou busca de informação contida numa memória. Numa operação de leitura a informação armazenada numa certa posição da memória (endereço), é passada para fora da memória (pinos D_0 à D_n ou O_0 à O_n).
Palavra:	Conjunto de bits que corresponde à informação ou dado.
Entradas de Endereçamento (Address Bus)	terminais do CI utilizados para identificar a posição desejada de ser acessada na memória.
Entrada de Dados	terminais do CI, utilizados para introdução dos dados à serem armazenados (comumente identificados como I_1 à I_n)
Saídas de Dados	terminais do CI onde são disponibilizados os dados armazenados numa certa posição de memória, durante uma operação de leitura (terminais comumente identificados como O_1 à O_n)
Kilobyte	Termo adotado para representar um conjunto de 1024 bytes (ou $2^{10} = 1.024$)
Habilitação da Pastilha (Chip Enable)	Terminal de entrada do CI de memória que habilita ou inibe a operação do mesmo. Útil para reduzir a potência dissipada e impedir operações de leitura/escrita. Nem todas as pastilhas possuem esta entrada (CE).
Seleção da Pastilha (Chip Select)	Entrada da pastilha utilizada para conectar/desconectar, as entradas/saídas (estado de alta impedância - 3º estado). Este terminal é normalmente identificado como CS (Chip Select) ou ME (Memory Enable). Em alguns circuitos, as entradas CE e CS são combinadas numa única entrada.

Organização de uma memória:

De maneira geral podemos visualizar uma memória na forma como mostrado na figura à seguir:

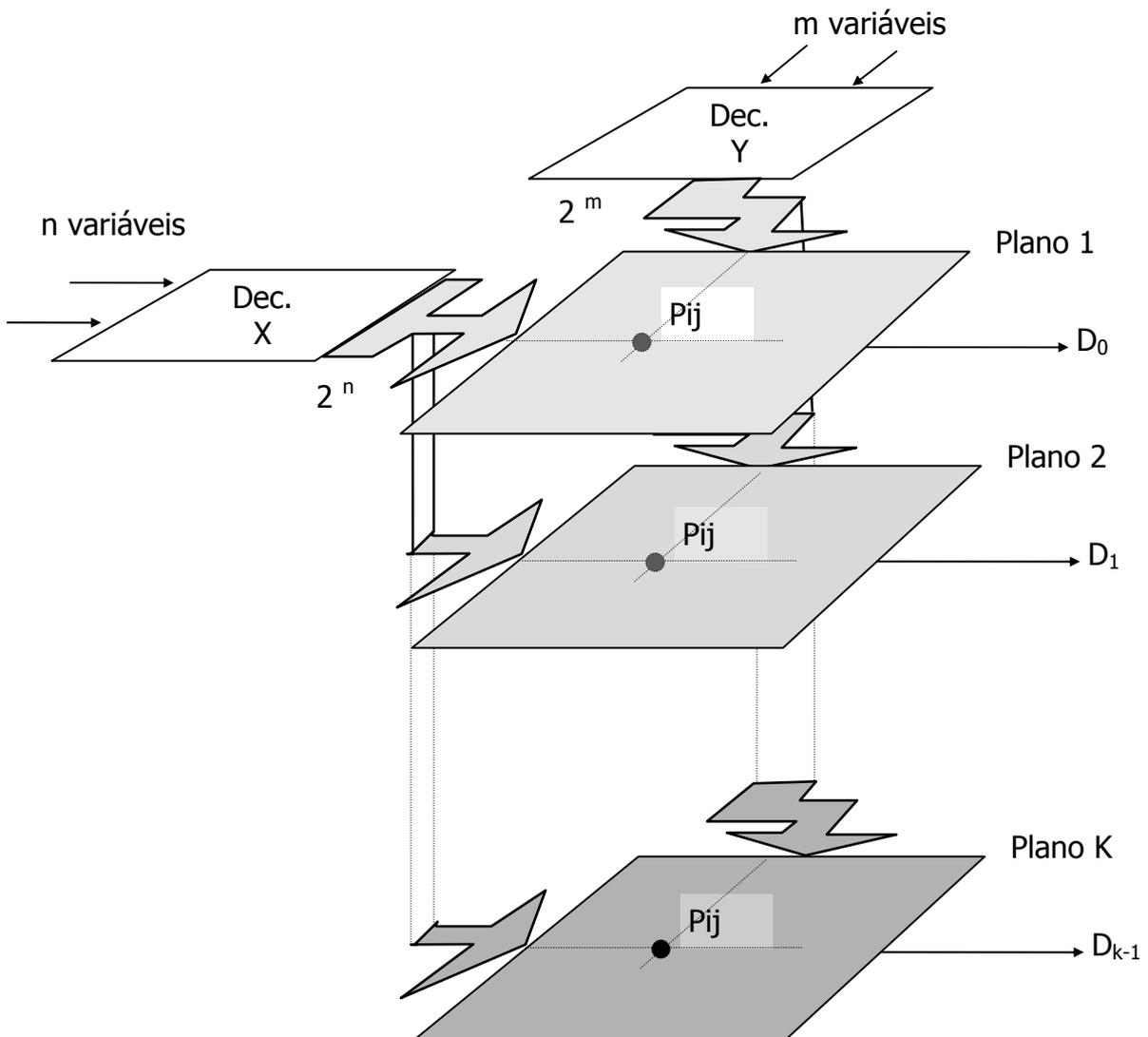


Exemplo de um RAM de 64 x 4:

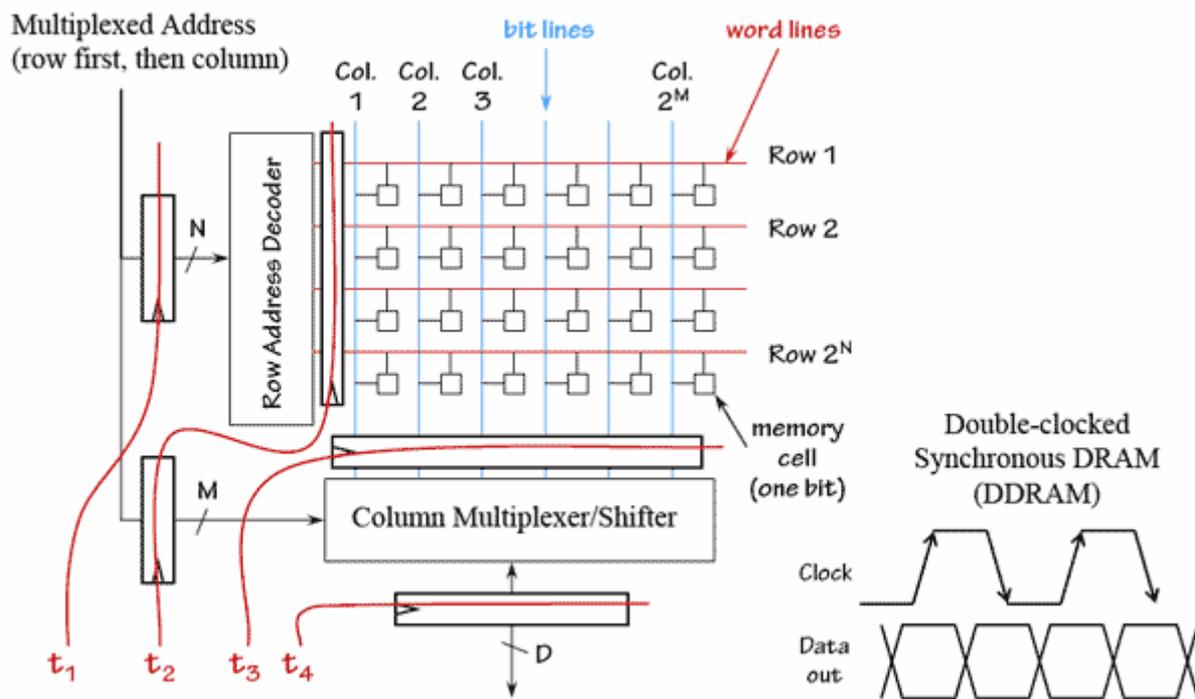


Organização interna de uma memória:

Ex.: Memória de 2^{n+m} posições \times K posições



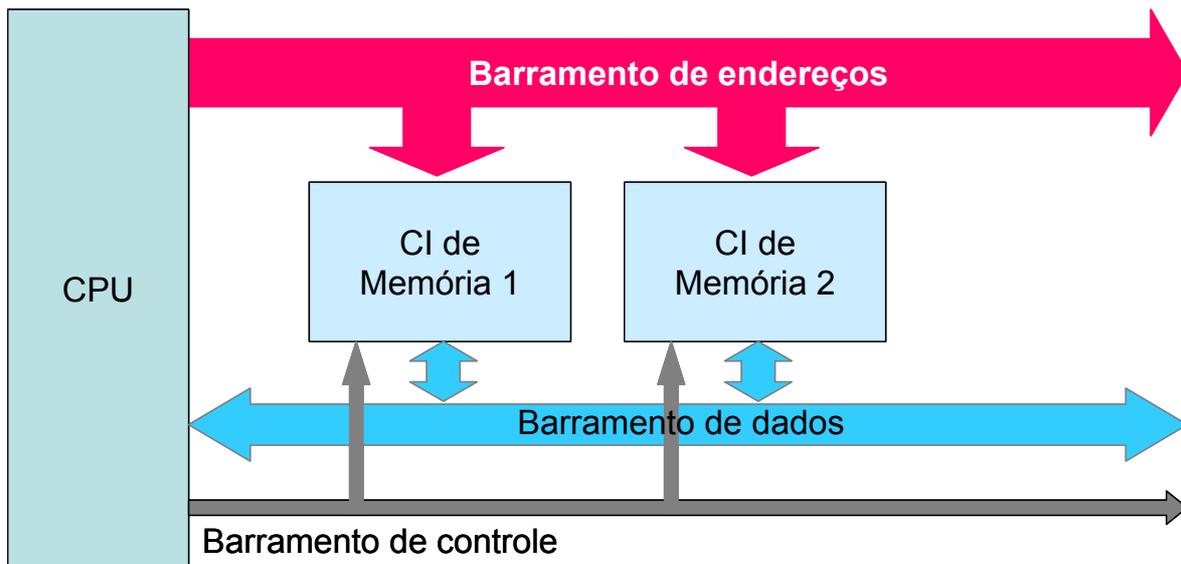
Exemplo de organização interna de uma DRAM:



Problema:

Como seria organizada internamente uma memória de 1024 x 8 ?

Conexões CPU x Memória:

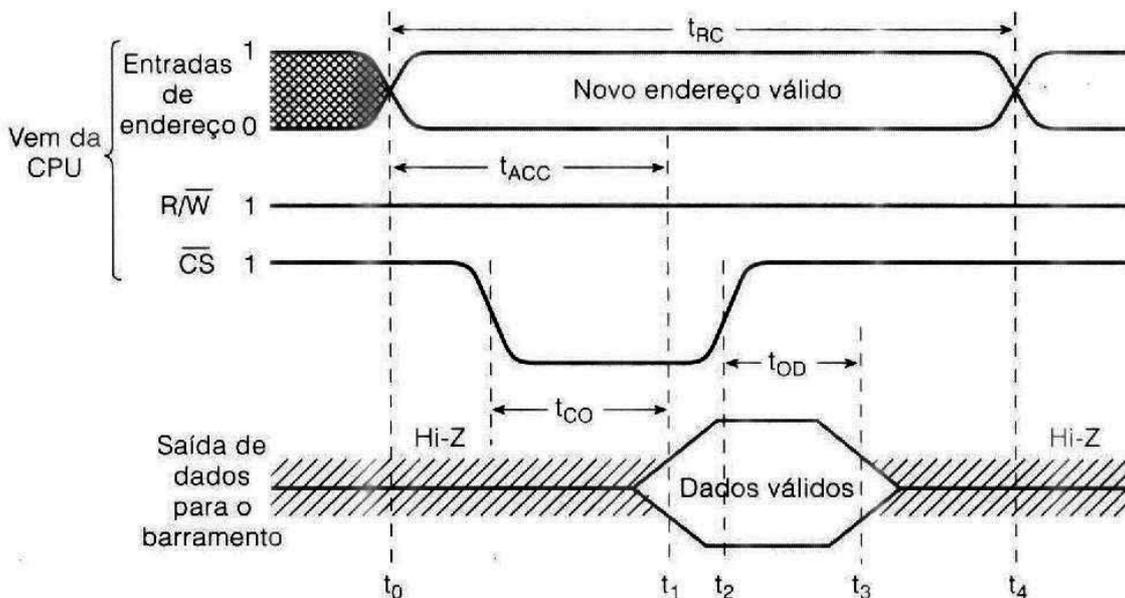


Note que o barramento de controle pode ser formado pelas linhas:

- R/\overline{W} (Read/Write = indica que tipo de operação a CPU deseja realizar com o dispositivo externo);
- IO/\overline{M} (Distingue entre operações de Entrada/Saída de dados – IO ou operações com memória (Mémory)).

Note que esta comunicação de dados com a memória deve obedecer uma certa hierarquia de temporização de sinais:

Ciclo de Leitura de dados de uma RAM:



Ciclo de Escrita de dados numa RAM:

