

Circuitos Lógicos

Profa. Grace S. Deaecto

Faculdade de Engenharia Mecânica / UNICAMP
13083-860, Campinas, SP, Brasil.
grace@fem.unicamp.br

Segundo Semestre de 2013

NOTA AO LEITOR

Estas notas de aula foram inteiramente baseadas nas seguintes referências :

- T. Floyd, “*Digital Fundamentals*”, 10th Edition, Prentice Hall, 2009.
- R. J. Tocci, N. S. Widmer, G. L. Moss, “*Sistemas Digitais : Princípios e Aplicações*”, Prentice-Hall, 2007.
- S. Brown, Z. Vranesic, “*Fundamentals of Digital Logic with Verilog Design*”, McGrawHill, 2003.
- I. V. Iodeta, F. G. Capuano, “*Elementos de Eletrônica Digital*”, Editora Érica, 2006.
- V. A. Pedroni, “*Circuit Design and Simulation with VHDL*”, 2nd Edition, MIT, 2010.

1 Memórias

- Memória ROM
- Memória RAM

Memórias

- O foco deste capítulo é o estudo das memórias, que são dispositivos com alta capacidade de armazenamento de informação.
- Basicamente, a memória é uma parte do computador responsável pelo armazenamento de dados binários. Normalmente, é acessada milhões de vezes por segundo e, por esta razão, **tempo de acesso** e **precisão** são características essenciais que as qualificam.
- A seguir, apresentaremos algumas definições importantes.

Estrutura da memória

- A memória armazena informações em forma de matrizes de dados.
- Cada elemento desta matriz, conhecido como **célula**, corresponde a um bit.
- De maneira geral, as memórias são especificadas pela sua **capacidade de armazenamento**, ou seja, pelo produto $n \times m$, sendo n o número de palavras que ela pode armazenar e m o tamanho de cada palavra.
- Uma memória de 64 células (bits) de capacidade, por exemplo, pode ser organizada de várias maneiras diferentes 8×8 , 16×4 , 64×1 .

Estrutura da memória

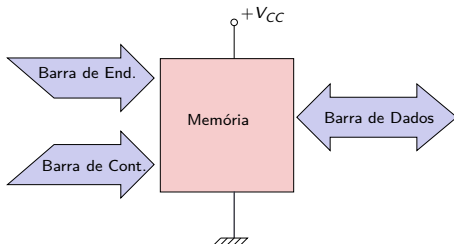
- Algumas memórias usuais são 32×8 , 128×8 , $1k \times 4$, $64k \times 8$, $2M \times 16$.
- Note que o número de palavras é sempre uma potência de 2, logo

$$\begin{aligned}1k &= 2^{10} = 1\,024 \\1M &= 2^{20} = 1\,048\,576 \\1G &= 2^{30} = 1\,073\,741\,824\end{aligned}$$

- Por exemplo, a memória $2M \times 16$ tem capacidade de armazenar 2 147 483 648 palavras de 16 bits cada.
- Cada palavra está localizada em um endereço da memória. No exemplo $2M \times 16$ o endereço deve ter 21 bits.

Estrutura da memória

- A figura a seguir apresenta um esquema de organização da memória.



- O endereço chega à memória através do **barramento de endereços**.
- As entradas e saídas de dados são realizadas através do **barramento de dados** que é bidirecional de forma a permitir escrita e leitura.
- Além disso, as opções de escrita e leitura são definidas através do barramento de controle.

Classificação das memórias

Os principais itens usados na classificação das memórias estão listados a seguir :

- **Tempo de acesso** : É o tempo necessário desde a entrada de um endereço no barramento até o momento em que a informação é disponibilizada na saída.
- O acesso à memória pode ser de duas maneiras distintas :
 - **Acesso sequencial** : Em que para acessar um certo endereço, deve-se percorrer todos os endereços intermediários. Exemplo : fitas magnéticas.
 - **Acesso aleatório** : Permite acessar um endereço diretamente, sem passar pelos endereços intermediários. Exemplo : memória RAM.

Classificação das memórias

- **Volatilidade** : Memórias voláteis são aquelas que perdem as informações armazenadas quando a fonte de alimentação é cortada. Exemplo : memória RAM. As não voláteis não perdem as informações quando é cessada a alimentação. Exemplo : memória ROM, PROM, EPROM.
- **Troca de dados** : As memórias podem ser de escrita e de leitura (memória RAM) ou apenas de escrita (memória ROM).
- **Tipo de armazenamento** : Quanto ao tipo de armazenamento, elas podem ser estáticas ou dinâmicas.

- **Memórias estáticas** : Normalmente, utilizam latches para o armazenamento de dados. Nestas memórias, uma vez que o dado é inserido, ele lá permanece. São mais rápidas do que as dinâmicas.
- **Memórias dinâmicas** : Utilizam capacitores para o armazenamento de dados. Desta forma, para que não haja perda, a informação precisa ser reinserida de tempos em tempos em um processo conhecido como “refreshing”. Por serem de arquitetura mais simples, possuem maior capacidade de armazenamento do que as estáticas.

Memória ROM

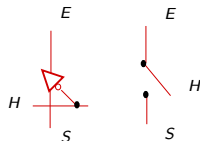
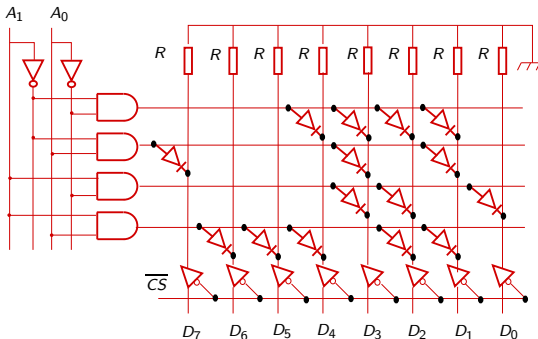
- As memórias ROM (**Read Only Memory**) têm como característica principal permitir somente a leitura de dados previamente gravados durante sua fabricação.
- Possuem **acesso aleatório** aos dados e **não** são **voláteis**.
- Normalmente, são utilizadas para o armazenamento de programas de sistemas operacionais.
- No seu barramento de controle o \overline{CS} (chip select), quando em nível baixo, habilita as saídas para fornecimento dos dados. Quando em nível alto, fica no estado de alta impedância (tri-state) liberando o barramento de dados para outros dispositivos.

Memória ROM

- A figura a seguir apresenta a arquitetura interna de uma memória ROM 4×8 com o seguinte conteúdo de dados.

Endereços		Dados									
A_1	A_0	Hex	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0	
0	0	1E	0	0	0	1	1	1	1	0	
0	1	8A	1	0	0	0	1	0	1	0	
1	0	0D	0	0	0	0	1	1	0	1	
1	1	76	0	1	1	1	0	1	1	0	

H	Chave	E	S
0	fechada	0	0
		1	1
1	aberta	x	alta impedância



Memória ROM

- Na figura anterior o decodificador de endereços pode ser facilmente identificado.
- Considerando que o \overline{CS} está em nível baixo, quando um endereço é selecionado, apenas um dos fios é ativado pelo decodificador de endereços. Desta forma, as quedas de tensão nos resistores devido à presença dos diodos em posições adequadas fornecem os dados na saída.
- Dependendo da tecnologia de fabricação as matrizes de dados podem ser projetadas com transistores bipolares ou com transistores de efeito de campo MOSFET.
- Normalmente o fabricante utiliza um gabarito fotográfico das ligações elétricas chamado de **máscara**, sendo as memórias assim confeccionadas denominadas ROM programadas por máscara.

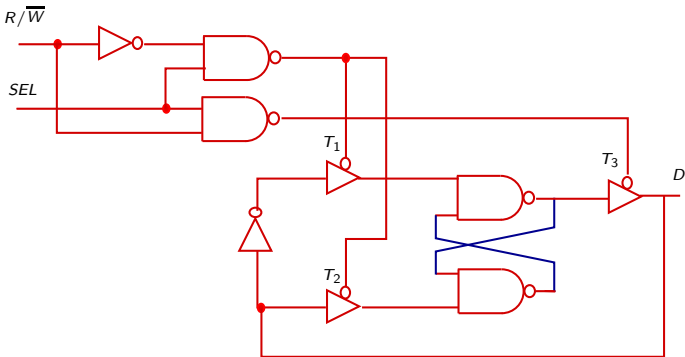
- Memórias **PROM (Programmable Read-Only Memory)** - Podem ser programadas pelo usuário, mas de maneira definitiva. O princípio básico de programação consiste em destruir, através de nível de tensão especificado pelo fabricante, pequenas ligações semicondutoras existentes.
- Memórias **EPROM (Erasable Programmable Read-Only Memory)** - São memórias ROM programáveis e apagáveis. Podem ser programadas pelo usuário sendo a programação realizada de maneira semelhante a da memória PROM. A vantagem é que podem ser apagadas por irradiação de luz ultravioleta na pastilha por uma janela existente em seu encapsulamento. Também conhecidas como UV PROM.
- Memórias **EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory)** - Permitem que o apagamento de dados seja feito eletricamente e isoladamente por palavras de dados. Não é necessário desconectar a memória do circuito integrado durante as alterações de programação. São memórias de escrita e leitura e como todas acima, não voláteis e de acesso aleatório.

Memória RAM

- As memórias RAM (**Random Access Memory**) são de **acesso aleatório**, **voláteis** e possuem um **tempo de acesso bastante reduzido**.
- Normalmente são utilizadas como memórias de programas e dados para armazenamento temporário.
- Quanto ao armazenamento podem ser estáticas (SRAM) ou dinâmicas (DRAM).
- No seu barramento de controle além do \overline{CS} (chip select) existe o terminal R/\overline{W} (Read/Write) de dupla função que permite a leitura $R/\overline{W} = 1$ ou a escrita $R/\overline{W} = 0$ dos dados nas localidades endereçadas.

Memória RAM

- Para entendermos o seu funcionamento, vamos analisar o circuito de uma célula básica que permite escrita e leitura.

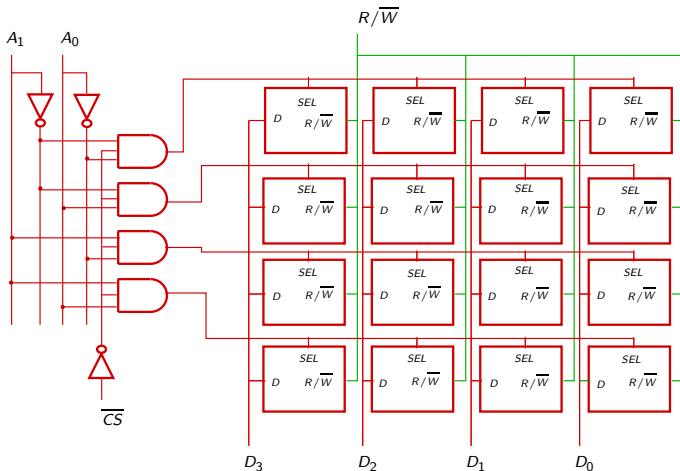


Memória RAM

- O sinal de controle $SEL = 1$ habilita a memória para a operação de escrita ou leitura de dados. Quando $SEL = 0$ as duas portas NAND apresentam nível alto na saída fazendo os tri-states funcionarem como chaves abertas.
- **Operação de escrita** : Aplica-se $SEL = 1$ e $R/\overline{W} = 0$ nos sinais de controle. Desta forma, os tri-states T_1 e T_2 operam como chaves fechadas e T_3 como chave aberta. O dado é aplicado em D e armazenado no latch.
- **Operação de leitura** : Aplica-se $SEL = 1$ e $R/\overline{W} = 1$ nos sinais de controle. Desta forma, os tri-states T_1 e T_2 operam como chaves abertas e T_3 como chave fechada. O dado que estava armazenado no latch fica disponível em D.

Memória RAM

- Utilizando a célula anterior, a figura a seguir apresenta a arquitetura interna de uma memória RAM 4×4 .



Memória RAM

A operação no modo escrita ou leitura ocorre da seguinte maneira :

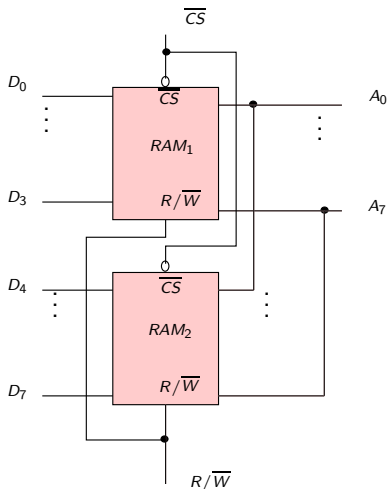
- Primeiramente habilita-se o barramento de dados fazendo $\overline{CS} = 0$.
- O decodificador seleciona apenas uma linha de dados fazendo $SEL = 1$ na linha selecionada e nas demais $SEL = 0$.
- Se $R/\overline{W} = 0$ a operação escrita é selecionada sendo que os dados aplicados em $D_3 D_2 D_1 D_0$ são armazenados na memória. Caso contrário, a operação leitura é selecionada fazendo com que os dados previamente armazenados na memória sejam disponibilizados na saída.
- Vale ressaltar que a informação é perdida caso se desligue a fonte de alimentação.

Expansão da capacidade da memória RAM

- A expansão pode ser feita para o **tamanho da palavra de dados**, para **quantidade de endereços** ou para ambos.
- **Expansão do tamanho da palavra** - Vamos supor que desejamos obter uma memória RAM de 256×8 a partir de dois blocos de estrutura 256×4 . Para isto basta interligar os barramentos de endereço ($A_0 \dots A_7$) e os de controle, ou seja, \overline{CS} e R/\overline{W} . O barramento de dados será composto pela associação do barramento de ambos os blocos e passa a ter, portanto, 8 bits como desejado.

Expansão da capacidade da memória RAM

- Expansão do tamanho da palavra.



Expansão da capacidade da memória RAM

- **Expansão da quantidade de endereços** - Vamos supor que desejamos obter uma memória RAM de 64×4 utilizando blocos de estrutura 32×4 . Para realizar o endereçamento é necessário utilizar uma linha de endereço adicional uma vez que necessitamos de 6 bits para endereçar 64 palavras e cada bloco possui 5 bits para endereçamento de 32 palavras. O esquema está apresentado a seguir.

Expansão da capacidade da memória RAM

- Expansão da quantidade de endereços.

