

Arquitetura e Organização de Computadores

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

Universidade Estadual do Paraná - Unespar

02 de Abril de 2023

- O elemento básico de uma **memória semicondutora** é a célula de memória.
- Todas as células de memória semicondutora compartilham certas propriedades:
- Apresentam dois estados estáveis, que podem ser usados para representar o binário 1 e 0.
- São capazes de serem gravadas, para definir o estado.
- São capazes de serem lidas, para verificar o estado.

Memória principal semicondutora

Figure: Operação de uma célula de memória

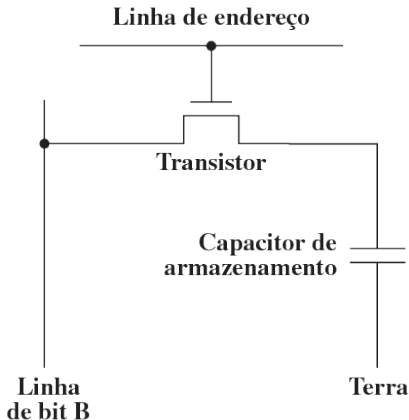


Figure: Tipos de memória semicondutora

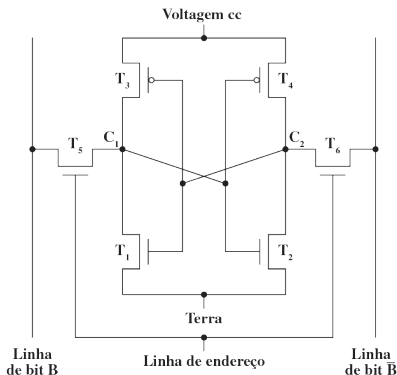
Tipo de memória	Categoria	Apagamento	Mecanismo de gravação	Volatilidade
Memória de acesso aleatório (RAM)	Memória de leitura-gravação	Eletricamente, em nível de byte	Eletricamente	Volátil
Memória somente de leitura (ROM)	Memória somente de leitura	Não é possível	Máscaras	Não volátil
ROM programável (PROM — do inglês, <i>Programmable ROM</i>)			Eletricamente	
PROM apagável (EPROM — do inglês, <i>Erasable PROM</i>)	Luz UV, Em nível de chip			
PROM eletricamente apagável (EEPROM — do inglês, <i>Electrically Erasable PROM</i>)	Eletricamente, em nível de byte			
Memória flash	Eletricamente, em nível de bloco			

- A mais comum é conhecida como **memória de acesso aleatório** (RAM — do inglês, Random Access Memory).
- Uma característica distinta da memória que é designada como RAM é a possibilidade tanto de ler dados como escrever novos dados na memória de um modo fácil e rápido.
- Outra característica distinta da RAM é que ela é volátil.
- A tecnologia RAM é dividida em duas tecnologias:
 - **Dinâmica;**
 - **Estática.**

- Uma **RAM dinâmica** (Dynamic RAM - DRAM) é feita com células que armazenam dados como carga em capacitores.



- Uma **RAM estática** (SRAM) é um dispositivo que usa os mesmos elementos lógicos usados no processador.



- **Principais diferenças:**

- **Velocidade:** Mais rápida SRAM, utiliza flip-flops para armazenar dados, não precisando de atualização constante.
- **Tamanho:** A SRAM requer mais espaço físico para armazenamento, utiliza mais componentes.
- **Custo:** A SRAM é mais cara devido a sua complexidade de fabricação e a quantidade de espaço físico que ocupa.
- **DRAM:** Mais adequada para aplicações que exigem alta densidade de armazenamento e são sensíveis ao custo.
- **SRAM:** Mais adequada para aplicações que exigem alta velocidade e baixa latência. Por conseguir acessar dados mais rapidamente que a DRAM porém, com custo maior.

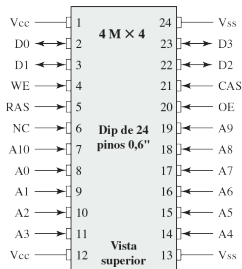
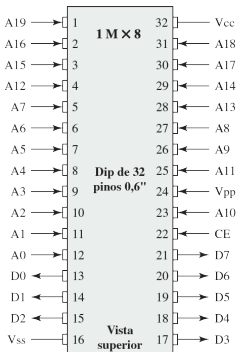
- Uma **memória somente de leitura** (Read-Only Memory - ROM) contém um padrão permanente de dados, que não pode ser mudado.
- Uma ROM é **não volátil**, ou seja, nenhuma fonte de energia é necessária para manter os valores dos bits na memória.
- A **ROM programável (PROM)** é não volátil e pode ser gravada apenas uma vez.
- A **memória somente de leitura programável e apagável (EPROM)** memória apenas de leitura que pode ser programada uma vez e não pode ser apagada eletronicamente (Expor a luz ultravioleta).

- Uma forma mais atraente de memória principalmente de leitura é a **memória somente de leitura programável e apagável eletricamente (EEPROM)**.
- Essa é uma memória principalmente de leitura que pode ser gravada a qualquer momento sem apagar o conteúdo anterior; somente o byte ou os bytes endereçados são atualizados.
- Outra forma de memória de semicondutor é a **memória flash**.
- É intermediária entre a EPROM e a EEPROM tanto no custo quanto na funcionalidade.
- Não volátil e pode ser programada e apagada eletronicamente, armazena grande número de dados em um único chip.

- Assim como outros produtos de circuito integrado, a memória semicondutora vem em chips encapsulados.
- Cada chip contém um array de células de memória.
- Por exemplo, um chip de 16 Mbits poderia ser organizado como 1 M palavras de 16 bits.
- No outro extremo está a chamada organização de 1 bit por chip, em que os dados são lidos/escritos 1 bit de cada vez.

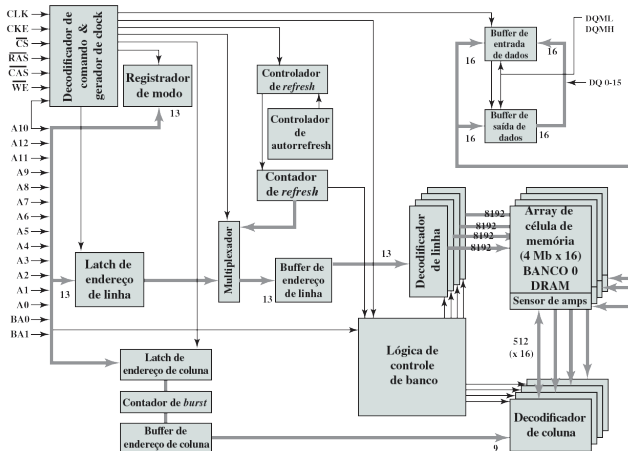
Encapsulamento do chip

- Um circuito integrado é montado em uma cápsula que contém pinos para conexão com o mundo exterior:



- Uma das formas mais utilizadas de DRAM é a **DRAM síncrona** (Synchronous DRAM - SDRAM).
- A SDRAM troca dados com o processador sincronizado com um sinal de clock externo e executando na velocidade do barramento do processador/memória, sem imposição de estados de espera.
- Com o acesso síncrono, a DRAM move dados para dentro e para fora sob o controle do clock do sistema.

DDR-DRAM



- Atribuições dos pinos da SDRAM:

A0 a A13	Entradas de endereço
BA0, BA1	Linhas de endereço de banco
CLK	Entrada de clock
CKE	Habilitação de clock
\overline{CS}	Seleção de chip
\overline{RAS}	Strobe de endereço de linha
\overline{CAS}	Strobe de endereço de coluna
\overline{WE}	Habilitação de escrita
DQ0 a DQ7	Entrada/saída de dados
DQM	Máscara de dados

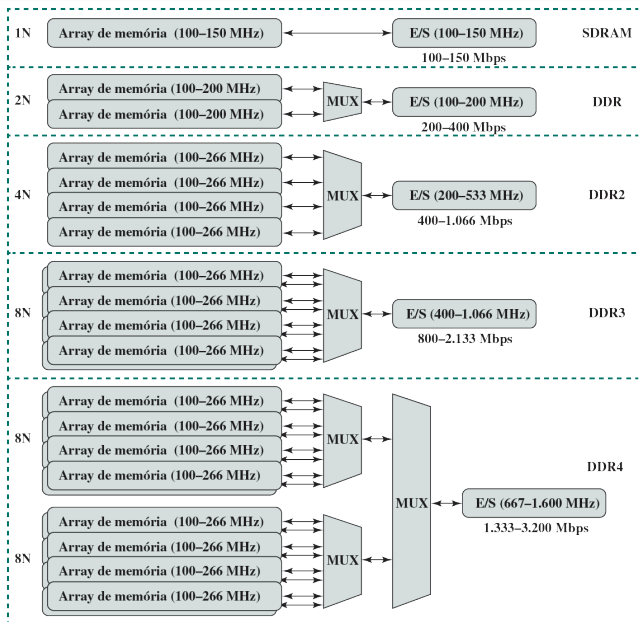
- Uma nova versão da SDRAM, referida como Double-Data-Rate DRAM (DDR-DRAM), proporciona características que aumentam a taxa de dados.
- A DDR alcança taxas mais altas de dados de três maneiras:
 - A transferência de dados é sincronizada tanto na borda de subida como na de descida do clock;
 - A DDR usa frequência de clock mais alta no barramento para aumentar a taxa de transferência;
 - Um esquema de buffering é usado (memória temporária).

- Assim, a JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council) definiu quatro gerações da tecnologia da DDR:

	DDR1	DDR2	DDR3	DDR4
Buffer de pré-busca (bits)	2	4	8	8
Nível de voltagem (V)	2,5	1,8	1,5	1,2
Taxas de dados do barramento frontal (Mbps)	200–400	400–1.066	800–2.133	2.133–4.266

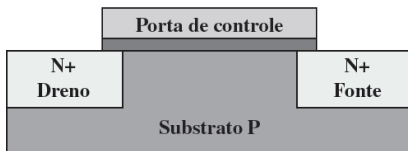
- Embora cada nova geração da SDRAM resulte em muito mais capacidade, a velocidade do core da SDRAM não mudou de modo significativo de uma geração para a outra.

DDR-SDRAM



- Outra forma de memória semicondutora é a **memória flash**.
- Ela é usada nas aplicações tanto como memória interna como externa.
- Uma característica importante da memória flash é que ela é uma memória permanente, o que significa que ela retém dados quando não há energia aplicada à memória.

Figure: Estrutura do transistor



Memória flash

Figure: Célula de memória flash no estado 1

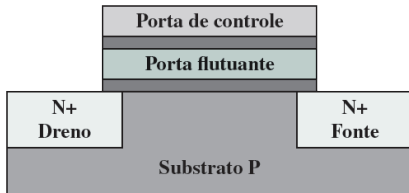
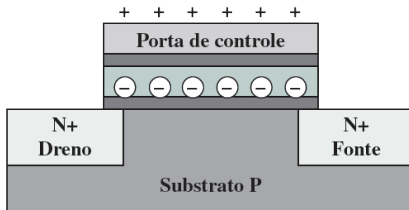
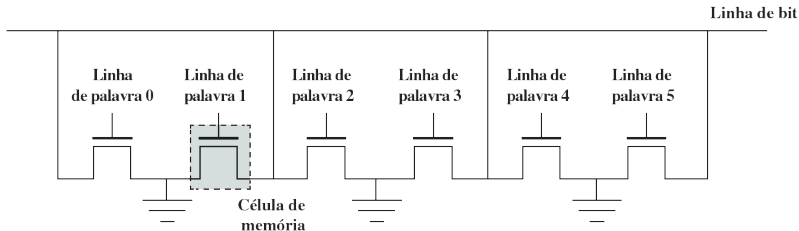


Figure: Célula de memória flash no estado 0



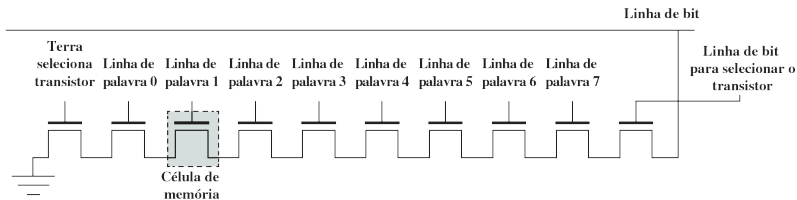
Memória flash NOR e NAND

- Na **memória flash NOR**, a unidade básica de acesso é um bit, referido como uma célula de memória.



Memória flash NOR e NAND

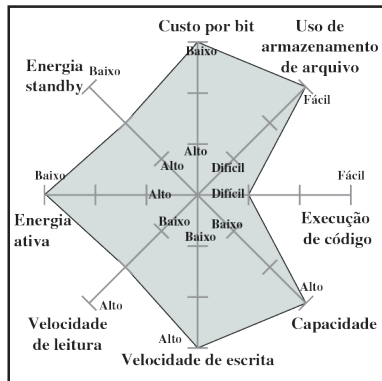
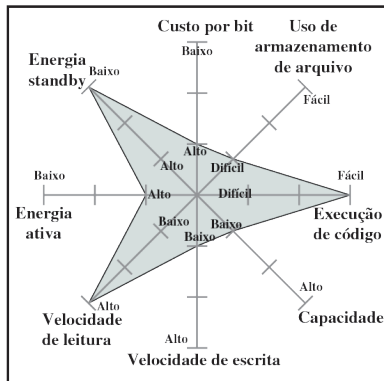
- A **memória flash NAND** é organizada em arrays de transistor com 16 ou 32 transistores em séries.



Memória flash NOR e NAND

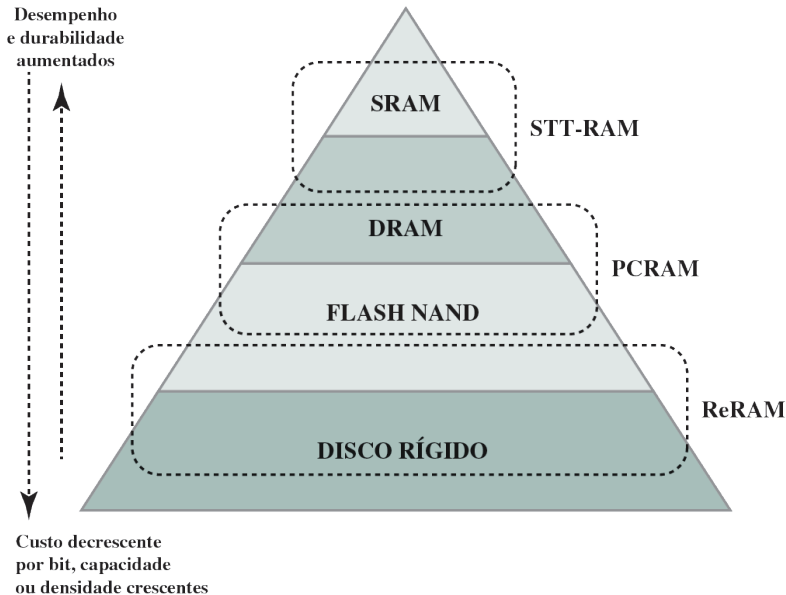
- Gráficos de Kiviat para a memória flash:

(a) NOR (b) NAND



Novas tecnologias de memória de estado sólido não voláteis

- RAM não volátil dentro da hierarquia da memória:

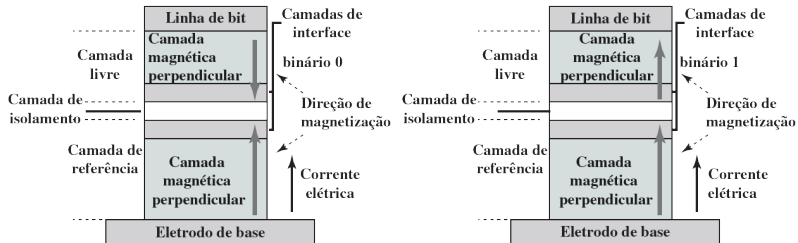


Novas tecnologias de memória de estado sólido não voláteis

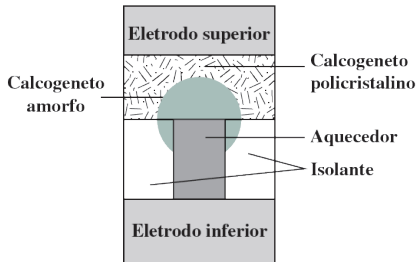
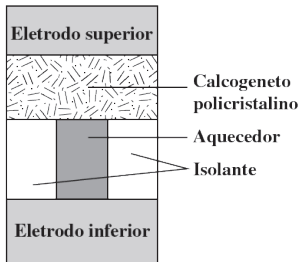
- Tem a vantagem sobre a memória tradicional, que é não volátil.
- A flash NOR é mais adequada ao armazenamento de programas e dados estáticos de aplicações em sistemas embarcados. Devido a sua alta confiabilidade e sua velocidade de leitura mais rápida.
- A flash NAND tem características intermediárias entre a DRAM e os discos rígidos. É usada em dispositivos de armazenamento em massa devido à sua alta densidade de armazenamento e custo mais baixo.

- A **STT-RAM** é um novo tipo de RAM magnética (MRAM), que caracteriza não volatilidade, velocidade rápida de leitura/escrita, bem como programação de alta durabilidade e energia em standby em 0.
- Na STT-RAM, um novo mecanismo de gravação, chamado de comutação da magnetização induzida pela polarização da corrente, é introduzido.
- A STT-RAM é uma boa candidata tanto para a cache como para a memória principal.

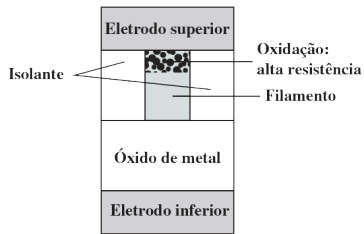
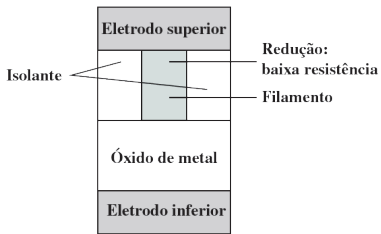
STT-RAM



- A tecnologia **PCRAM** é baseada em um material de liga de calcogeneto, que é similar aos usados em geral nos meios de armazenamento óptico.
- A capacidade de armazenamento de dados é alcançada a partir das diferenças de resistência entre uma fase amorfa (alta resistência) e uma fase cristalina (baixa resistência) do material baseado em calcogeneto.
- A PCRAM é uma boa candidata para substituir ou complementar a DRAM para a memória principal.



- A **ReRAM** (também conhecida como RRAM) trabalha criando resistência em vez de carga direta de armazenamento.
- Uma corrente elétrica é aplicada a um material, mudando a resistência desse material.
- O estado de resistência pode então ser mensurado, e 1 ou 0 é lido como resultado.
- A ReRAM é uma boa candidata para substituir ou complementar tanto o armazenamento secundário como a memória principal.



- STALLINGS, W. **Arquitetura e Organização de Computadores**. 10 ed. São Paulo: Pearson, 2017;
- TANENBAUM, A. S. **Organização Estruturada de Computadores**. 5 ed. Pearson 2007;
- HENNESY, J. PATTERSON, D. **Organização e Projeto de Computadores**. 3 ed. Editora Campus, 2005.

Obrigado! Dúvidas?

Guilherme Henrique de Souza Nakahata

guilhermenakahata@gmail.com

<https://github.com/GuilhermeNakahata/UNESPAR-2023>