

SEL-0415 Introdução à
Organização de Computadores

Memórias – *Parte 2*

Aula 5

Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira

Classificação de Memórias

■ 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.
- * **Capacidade**: é a quantidade de informação que pode ser armazenada em uma memória.
- * **Velocidade**: taxa em que os dados podem ser lidos ou gravados.
- * **Potência**: consumida ou dissipada pela memória (depende da tecnologia e organização)
- * **Custo**: valor do semicondutor dividido pelo número de bits que pode armazenar.

Classificação

1. ACESSO

Sequencial ➡ as palavras são gravadas e lidas em sequência

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 sequenciais, 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 ROM, Memórias Magnéticas, Memórias Ópticas.

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

- **RAM** (*Random Access Memory*)

- Escrita e Leitura
- Voláteis

- **ROM** (*Read Only Memory*)

- Somente Leitura
- Não-Voláteis

Memórias RAM

RAMs - Características

- Permitem leitura e escrita de dados
- Acesso Aleatório (direto)
- Gerador de produtos canônicos para seleção
- A maioria é volátil

Tipos

- **ESTÁTICAS (SRAM)** ➡ armazenam e mantêm os dados enquanto houver alimentação
- **DINÂMICAS (DRAM)** ➡ usam capacitor e transistor MOSFET para armazenar dados ➡ recarga do capacitor a cada período

Célula Básica SRAM

Endereçamento

Entrada de Dados

Controle

Saída de Dados

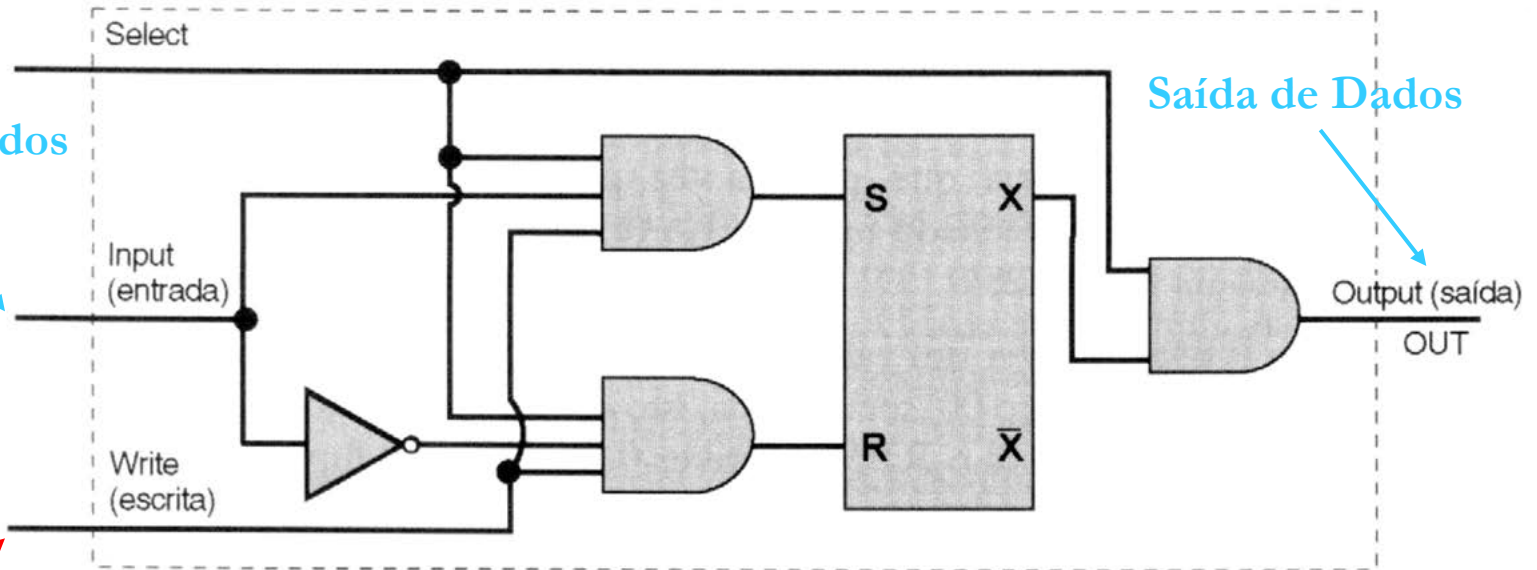
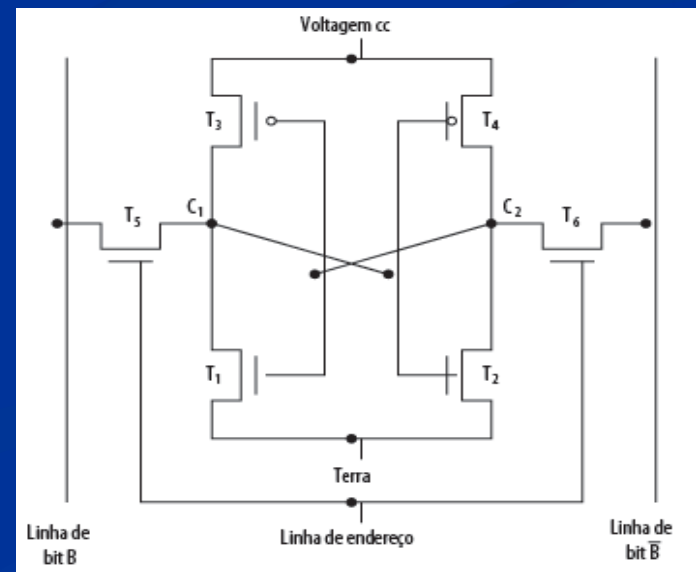


Figura D.6 (b) Célula básica de memória (representa um único bit).

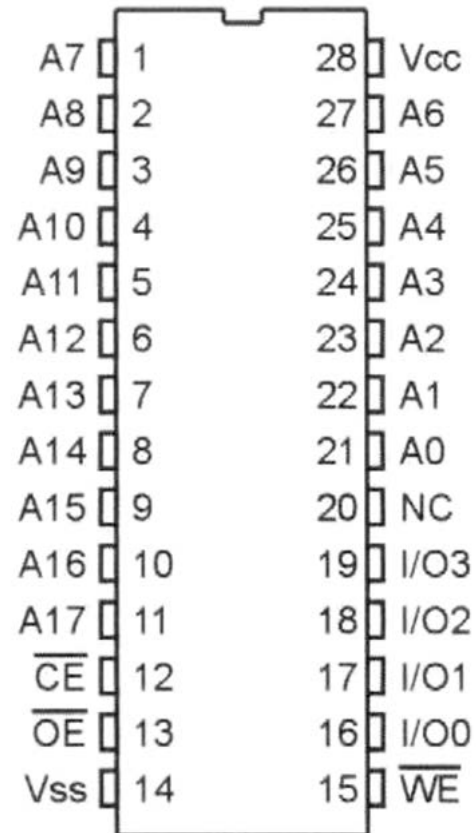
Estática (SRAM)

- Primeiro CI Comercial SRAM foi lançado em 1965;
- Célula básica composta por biestáveis (FF);
- São mais rápidas e mais caras que as memórias dinâmicas (DRAM)
- Ocupam mais espaço físico na pastilha de silício do que as DRAM

Célula Básica (1 bit)



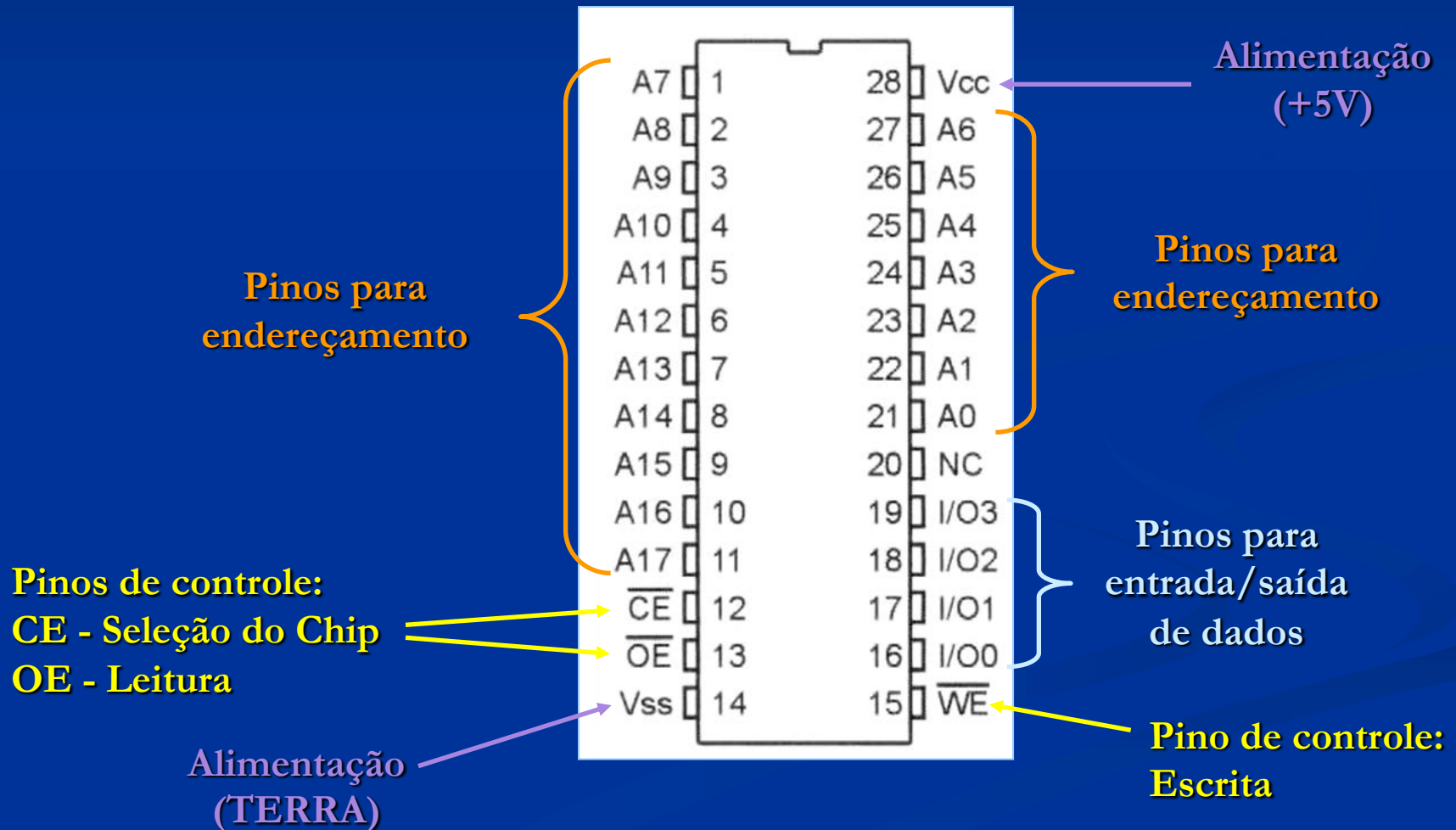
Estática (SRAM)



Estática (SRAM)

RAM 256K x 4

- (A0 – A17) = 18 bits = $2^{18} = 262144 = 256K$ Word
- (I/O0 - I/O3) = 4 bits = entrada e saída (RAM)



RAM Dinâmica (*DRAM*)

- Primeiro CI Comercial DRAM foi lançado em 1970;
- Célula básica composta por 1 capacitor e 1 transistor (por BIT);
- Necessidade de “REFRESH” para não perder os dados;
- são mais baratas e tomam menos espaço físico na pastilha de silício do que as SRAM
 - tipicamente 1/4 a 1/6 da área de silício das SRAMs
- Existem várias espécies de tecnologias de DRAM e as velocidades que elas fornecem são diferentes;
- São mais lentas que as memórias estáticas.

Célula Básica



RAM Dinâmica (*DRAM*)

■ **DRAM Assíncrona - a partir de 1970**

- tipo que era usada nos PCs desde os IBM PCs originais
- memória não sincronizada com o CK do sistema
- Disponíveis para barramentos de memória de baixa velocidade (< 66 MHz)
- Modelos comerciais: FPM (*Fast Page Mode*); EDO (*Extended Data Output*); BEDO (*Burst EDO*)

■ **DRAM Síncrona (SDRAM) – a partir de 1992**

- sincronizada com o CK da placa mãe ➡ melhor controlada
- muito mais rápida que a DRAM assíncrona
- praticamente todos os computadores atuais utilizam memória principal do tipo SDRAM
- Podem ser SDR (*single data rate*) ou DDR (*double data rate*)

Tipos de SDRAM

■ SDR SDRAM (*single data rate*)

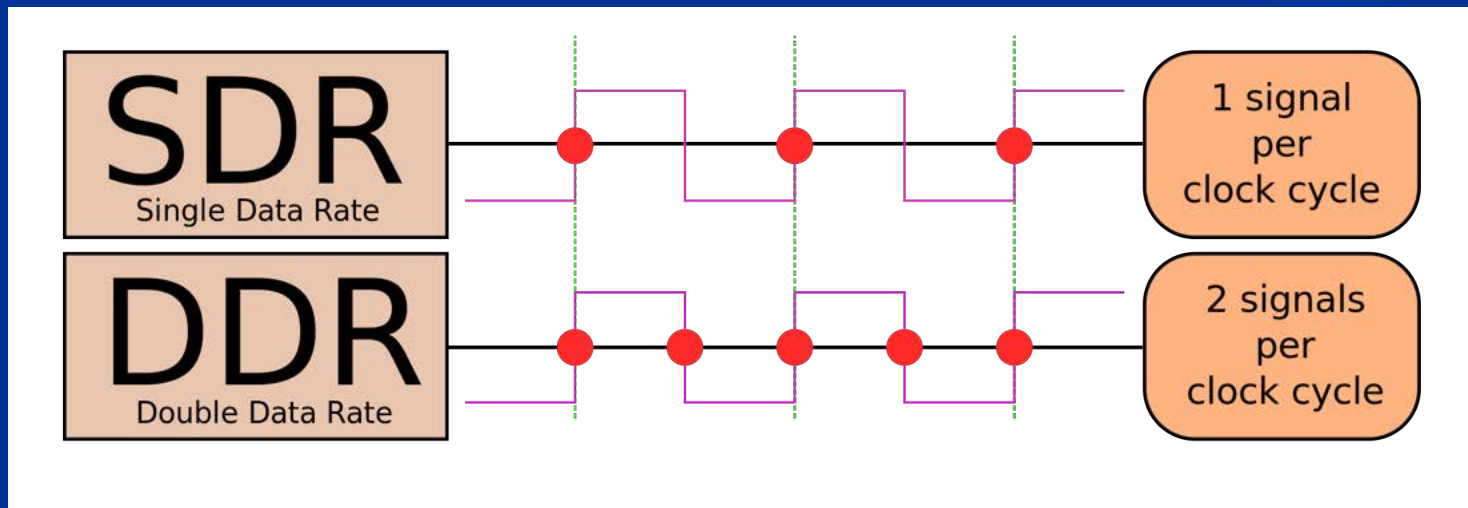
- Sincronizada com a transição do CK (borda de subida ou descida) da placa-mãe.
- Modelos lançados comercialmente (a partir de 1992):
 - PC-66
 - PC-100
 - PC-133



Tipos de SDRAM

■ DDR SDRAM (*double data rate*)

- Sincronizada com as duas bordas de transição do CK da placa-mãe (subida e descida);
- Transfere metade dos dados a cada transição do CK, uma para cada espaço da memória ➔ 2x mais rápida que a SDR

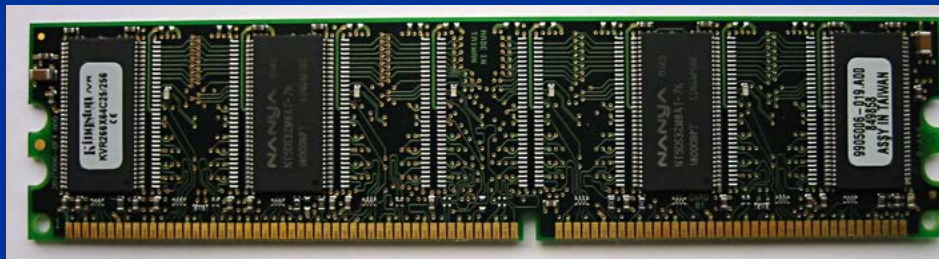


Tipos de SDRAM

■ SDR SDRAM (*single data rate*)

- Mantém a mesma taxa base de transferência de dados;
- Modelos lançados comercialmente:

Modelo	Taxa máxima de Transferência Base (MHz)	Fator Multiplicativo	Velocidade máxima de transferência (MHz)	Data de lançamento
DDR	200	2x	400	2000
DDR2	200	4x	800	2003
DDR3	200	8x	1600	2007
DDR4	400	8x	3200	2014



Memórias ROM

ROM – Características

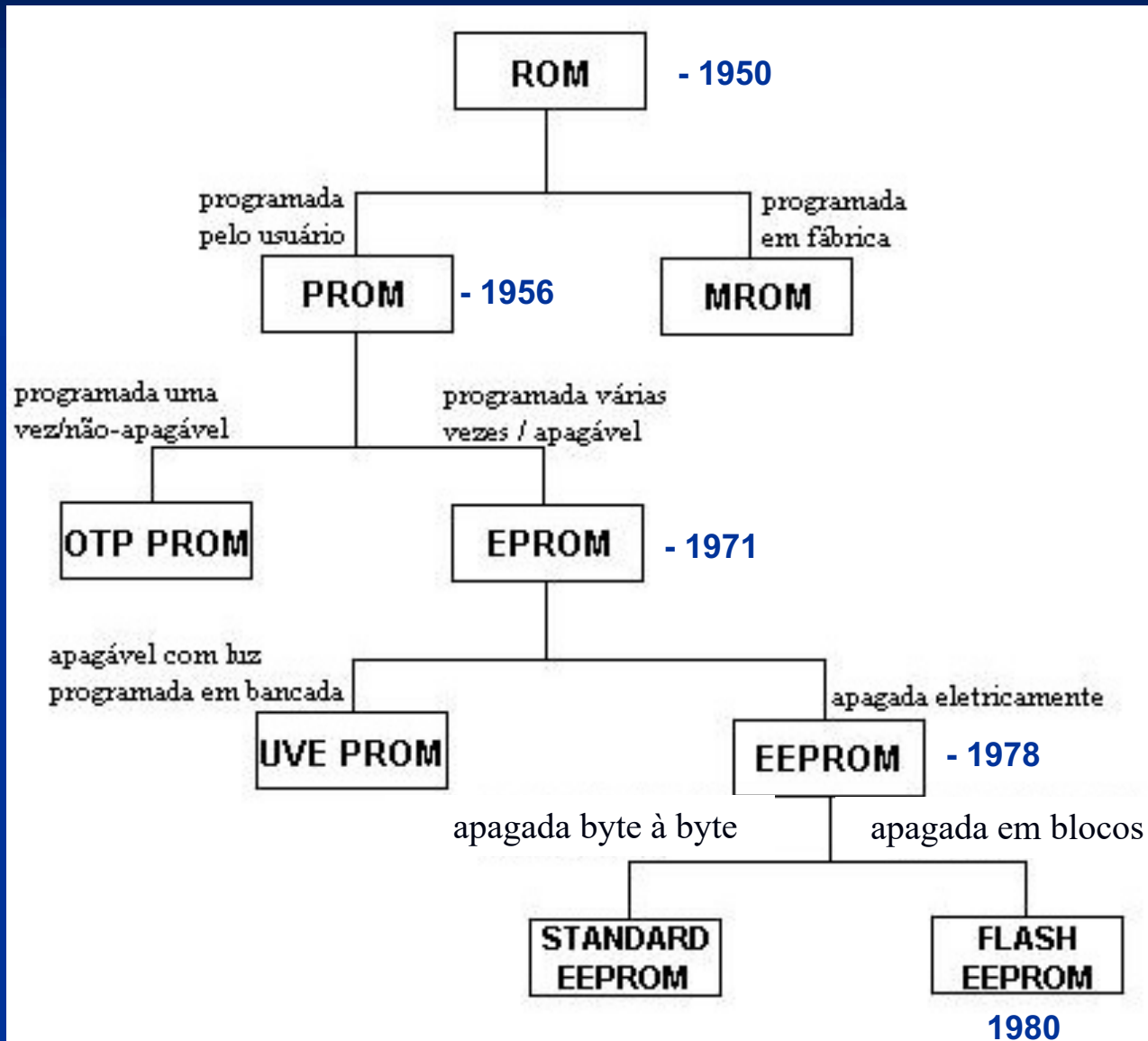
- Permitem apenas Leitura
- Podem ser construídas por circuitos combinacionais
- Gerador de Produtos Canônicos para Seleção
- Não voláteis
- Acesso aleatório (RAM!) – tempo de acesso igual para qualquer endereço.
- Memória Estática
- Usada para armazenar programas estáticos (por ex. conjunto de instruções de um microcontrolador)

Memórias ROM

■ Tipos

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

ROMs - Hierarquia



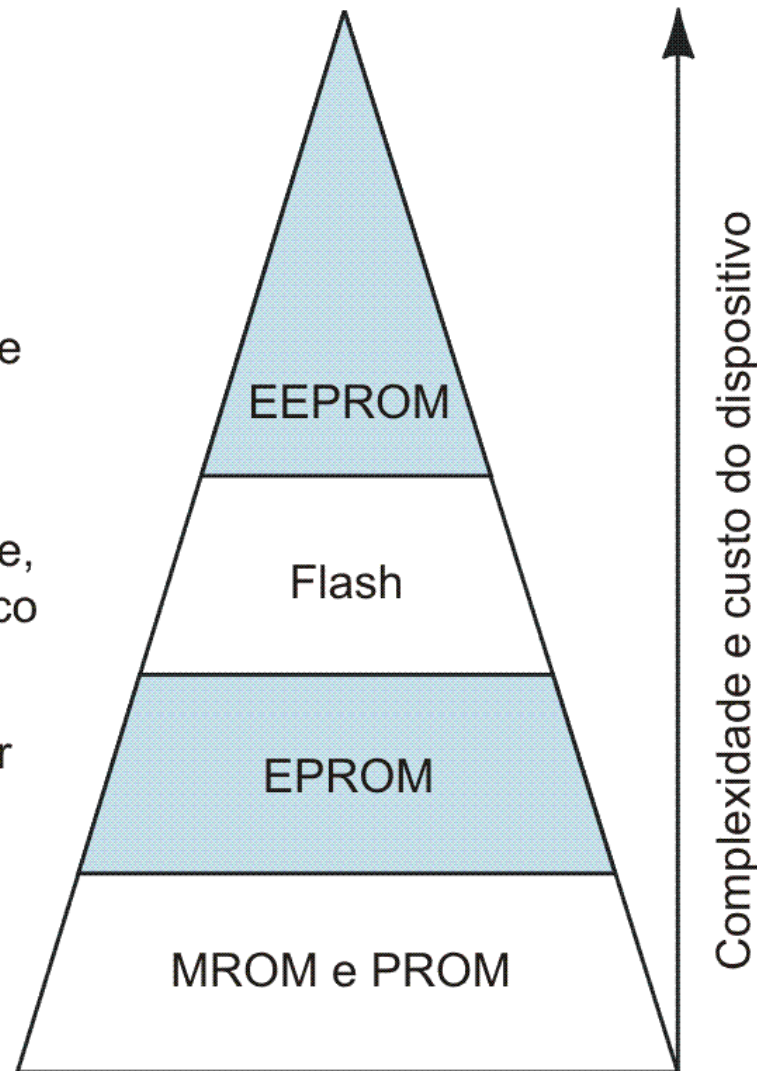
Memórias ROM - Tipos

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



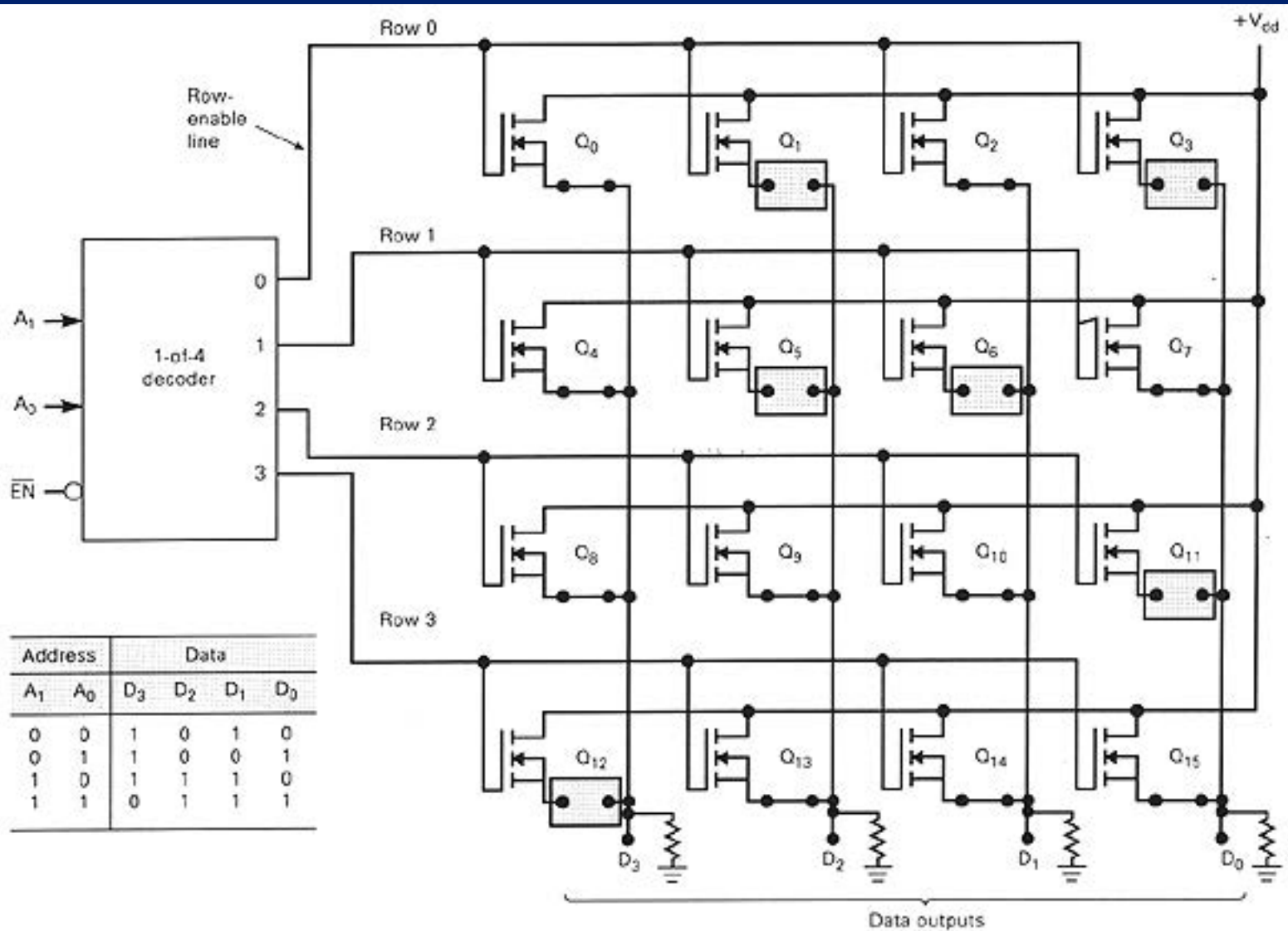
ROM

- 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

Memória MROM (MASK ROM)



ROMs Programáveis

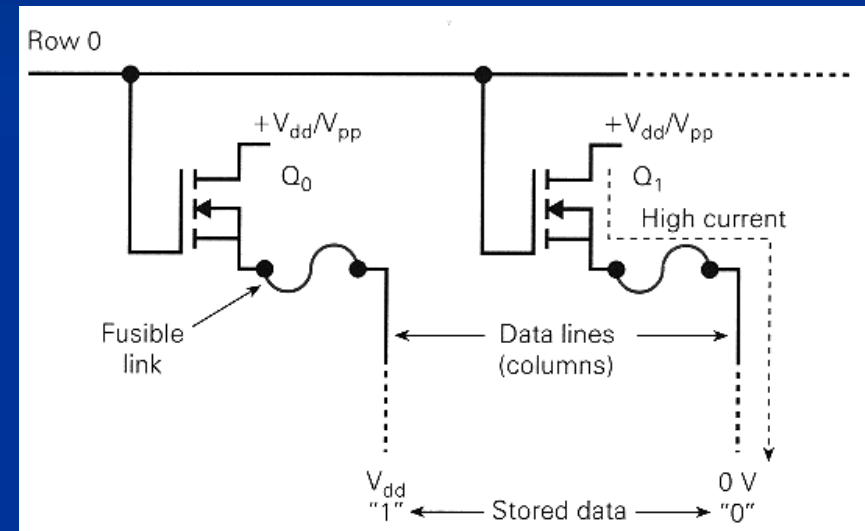
PROM (*Programable Read-Only Memory*)

- Pode ser programada um única vez pelo usuário
- Conexão entre linhas → transistor (ou diodo) + fusível
- Programação → romper o fusível, estabelecendo estado contrário do inicial
- Não volátil
- Acesso direto

ROM Programáveis

Memória PROM

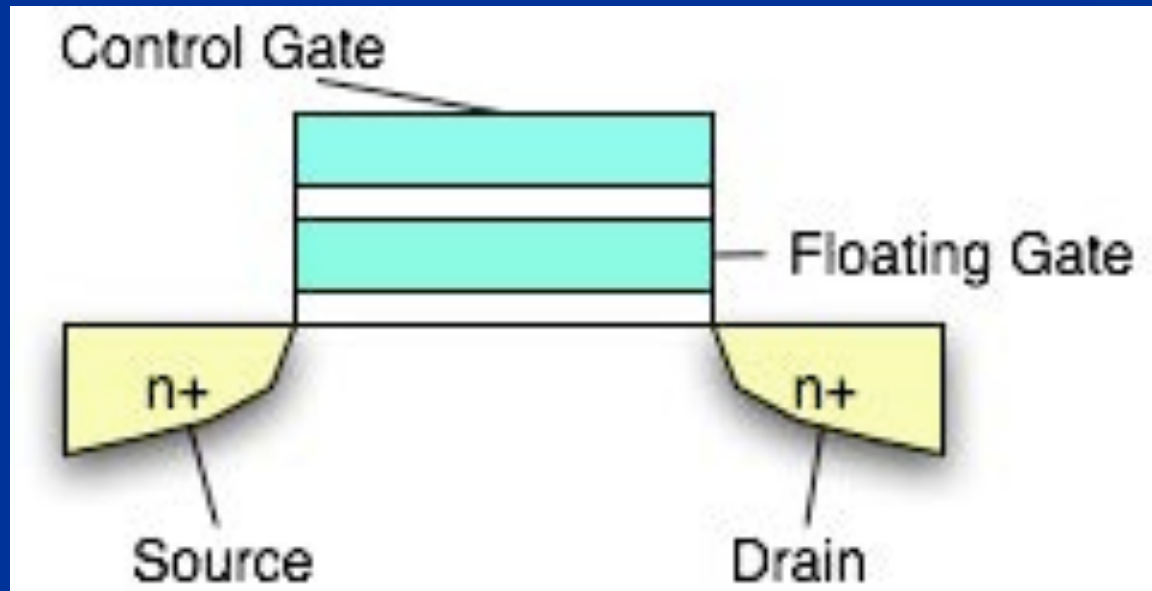
- É implementada na forma matricial.
- Cada conexão consiste de um diodo ou transistor, em série com um fusível.
- Existe conexão de cada linha com cada coluna.
- Durante a programação, com a aplicação de tensão adequada na linha e coluna da conexão desejada, pode-se abrir o fusível correspondente.



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

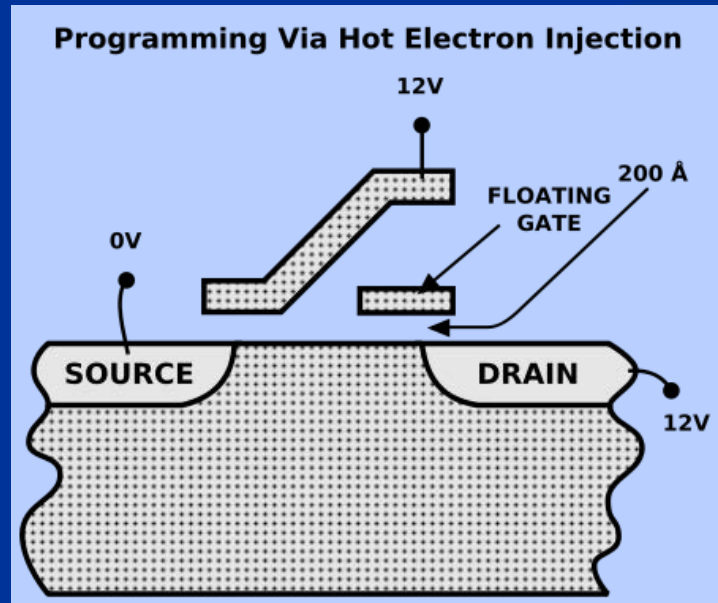
Memória EPROM (Erasable PROM)

- Na EPROM, cada célula possui um transistor MOSFET com duas portas, a **porta de controle** e a **porta flutuante**, que são separadas por uma fina camada de óxido. A porta de controle está sempre ligada a uma fonte de tensão que faz com que o transistor conduza. Dessa forma, a célula tem nível lógico lógico 1.



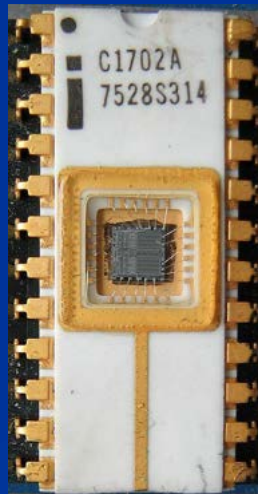
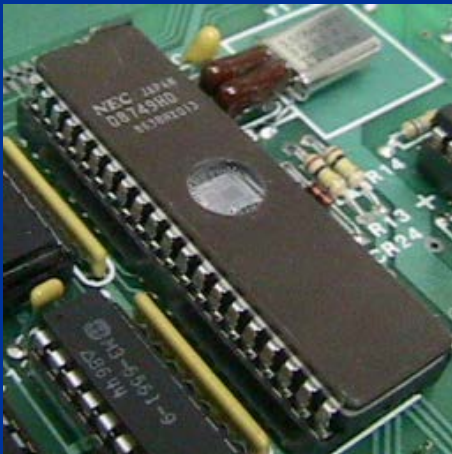
Memória EPROM (Erasable PROM)

- Para mudar o valor para 0 é necessário um processo chamado **hot-electron injection**. Uma tensão maior é aplicada no dreno do transistor, gerando um fluxo maior de corrente entre o dreno e a fonte, o que faz com que elétrons sejam atraídos pela porta flutuante, gerando uma “armadilha de elétrons”. Os elétrons presos da porta flutuante atuam como uma barreira entre a porta de controle e a porta flutuante, fazendo com que o transistor não conduza mais e que os elétrons fiquem armazenados no transistor para sempre. Nessas condições, a célula armazena o nível lógico zero.



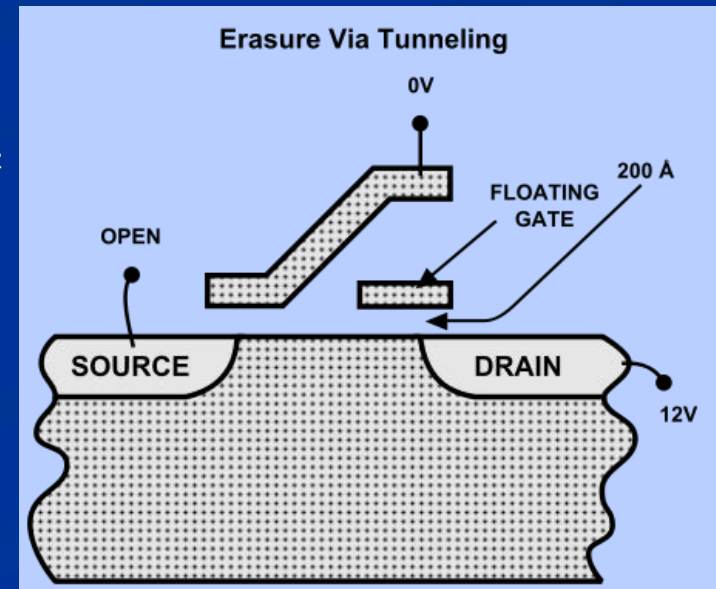
Memória EPROM (Erasable PROM)

- Para **apagar** a memória, é necessário retirar os elétrons da camada de óxido para que o transistor volte a conduzir.
- Isso pode ser feito utilizando luz ultra-violeta (UV).
- Toda memória EPROM tem uma janela para permitir a exposição UV
- A exposição aos raios UV cria uma ionização no óxido de silício que faz com que os elétrons da porta flutuante se dissipem e o transistor volte a conduzir, restaurando o estado inicial da célula de memória (nível lógico 1).
- Toda a memória é apagada por vez.
- Tempo de exposição para apagamento na ordem de 20 minutos.



EEPROM (*E*lectrically *E*rasable *P*rogramable *R*ead-*O*nly *M*emory)

- São apagáveis eletricamente.
- EEPROM (ou E²PROM): a mesma estrutura de **porta flutuante** que as EPROM, mas com o acréscimo de uma camada de óxido sobre o **dreno** do transistor MOSFET da célula de memória.
- Isso permite uma polarização inversa na tensão entre a porta de controle e o dreno do transistor, retirando os elétrons da porta flutuante. Esse processo é chamado de “tunelamento” dos elétrons. Isso faz com que o transistor volte ao estado original (nível lógico 1). Permite que cada célula de memória seja apagada individualmente.
- Tempo de apagamento da ordem de 1 segundo.
- Pode ser apagada e regravada sem a necessidade de retirá-la do circuito (maior flexibilidade).

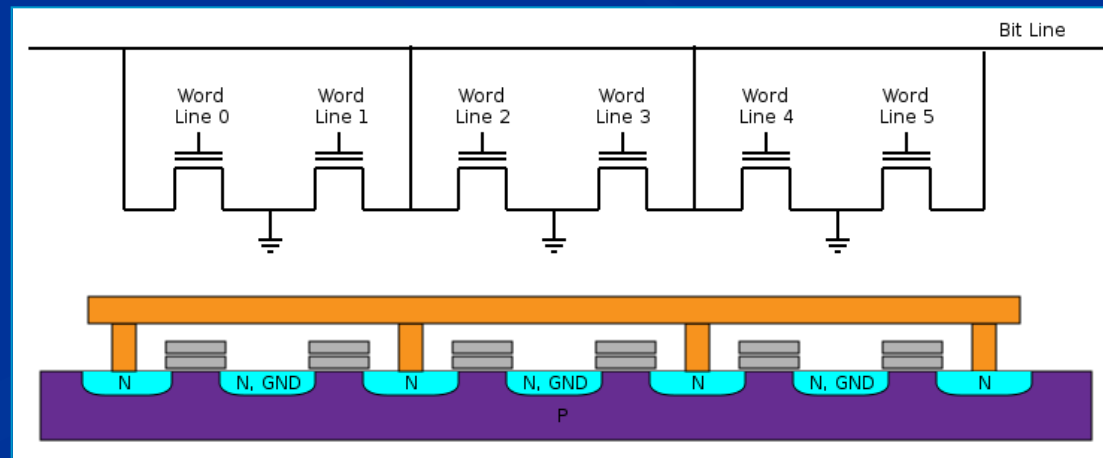


Memórias FLASH

- A complexidade da célula de memória EEPROM e o circuito de suporte de apagamento reduz a capacidade de bit/mm² da pastilha de silício, aproximadamente duas vezes a área de uma EPROM.
- O ciclo de “apagamento” da EEPROM é muito lento (byte a byte), o que representava um problema para o uso dessa memória para armazenamento de dados.
- Em 1980 – Fujio Masuoka (Toshiba) criou a memória FLASH.
- A memória FLASH é um tipo de memória EEPROM que é apagada em blocos ($\sim 64\text{kB}$), por isso é mais rápida (como um FLASH de máquina fotográfica).
- Isso possibilitou maior poder de integração e menor custo.
- Existem 2 tipos de memória FLASH – **NOR** e **NAND**

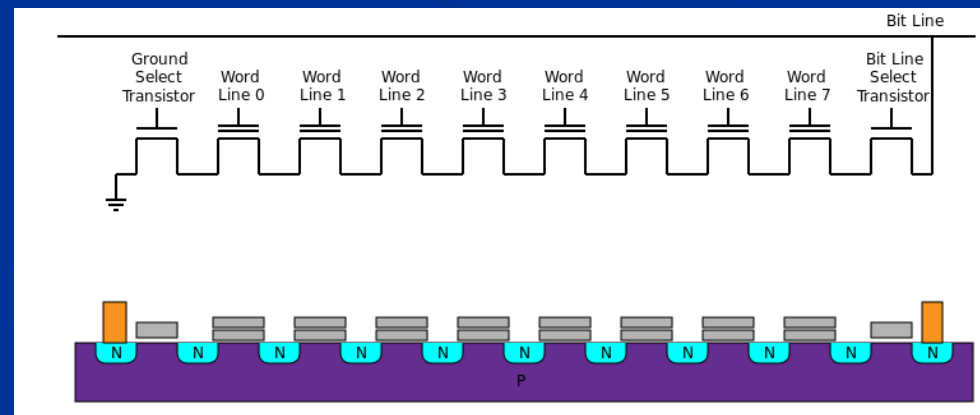
Memórias NOR FLASH

- O arranjo dessa memória em relação ao *gate* de cada transistor lembra uma porta NOR.
- Permite a leitura e escrita byte a byte (+ lenta).
- Permite o acesso aleatório dos endereços.
- Usada nas memórias de programa dos microcomputadores – Armazena instruções (ROM, firmware, BIOS).
- Mais lenta, menor densidade de integração e maior custo que as NAND Flash.



Memórias NAND FLASH

- O arranjo dessa memória em relação ao gate de cada transistor lembra uma porta NAND.
- Permite a leitura e escrita apenas em blocos (+ rápida).
- Não permite o acesso aleatório dos endereços (apenas sequencial).
- Usada como memória de massa dos microcomputadores – Armazena dados – como SSD, USB flash drive, cartão de memória
- Mais rápida, maior densidade de integração e menor custo que as NOR Flash.
- Hoje, às memórias NAND FLASH possuem velocidade de leitura quase comparável às memórias DRAM, com menos dissipação de energia.



APLICAÇÕES DE MEMÓRIAS ROMs

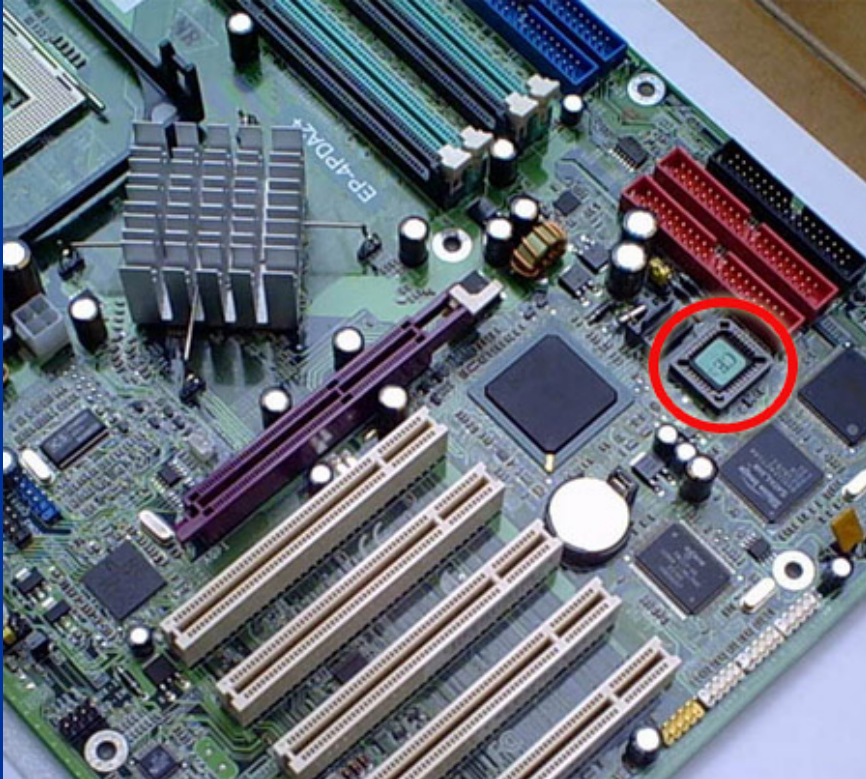
■ Firmware

Firmware são dados e códigos de programas que devem ser disponíveis ao se ligar sistemas de microprocessadores. Equipamentos como automóveis, VCRs, CD players, e outros empregam firmware em memórias ROM.

■ BIOS (*Basic Input/Output System*):

É um *firmware* que já vem pré-instalado na memória ROM da placa-mãe de um computador. É o primeiro programa a ser executado quando se liga um computador e realiza a inicialização (*Boot*) dos componentes de hardware. Normalmente transfere parte do sistema operacional da memória de massa (HD) para a memória principal do computador.

BIOS



Chip de BIOS do tipo DIP (Dual In Parallel), encontrado em placas-mãe antigas



Chip de BIOS do tipo PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier), encontrado em placas-mãe modernas

BIOS

Phoenix - AwardBIOS CMOS Setup Utility

► **Standard CMOS Features**

► Advanced BIOS Features

► Advanced Chipset Features

► Integrated Peripherals

► Power Management Setup

► PnP/PCI Configurations

► PC Health Status

► Frequency/Voltage Control

Load Fail-Safe Defaults

Load Optimized Defaults

Set Supervisor Password

Set User Password

Save & Exit Setup

Exit Without Saving

Esc: Quit

F10: Save & Exit Setup

↑↓→← : Select Item

Time, Date, Hard Disk Type...

APLICAÇÕES DE MEMÓRIAS ROMs

■ Tabela de Dados

As memórias tipo ROM podem armazenar tabelas de dados que não mudam. Como exemplo, a ROM MM4220BM, que armazena as funções seno de 0 a 900. A memória é organizada em 128 palavras de 8-bits cada, as entradas de endereços representam os ângulos em incrementos de 0,70.

■ Decodificadores e Conversores

As memórias tipo ROM podem armazenar dados codificados e funcionar como um decodificador (Ex. BCD para Display de 7 segmentos, Binário para Gray, etc...).

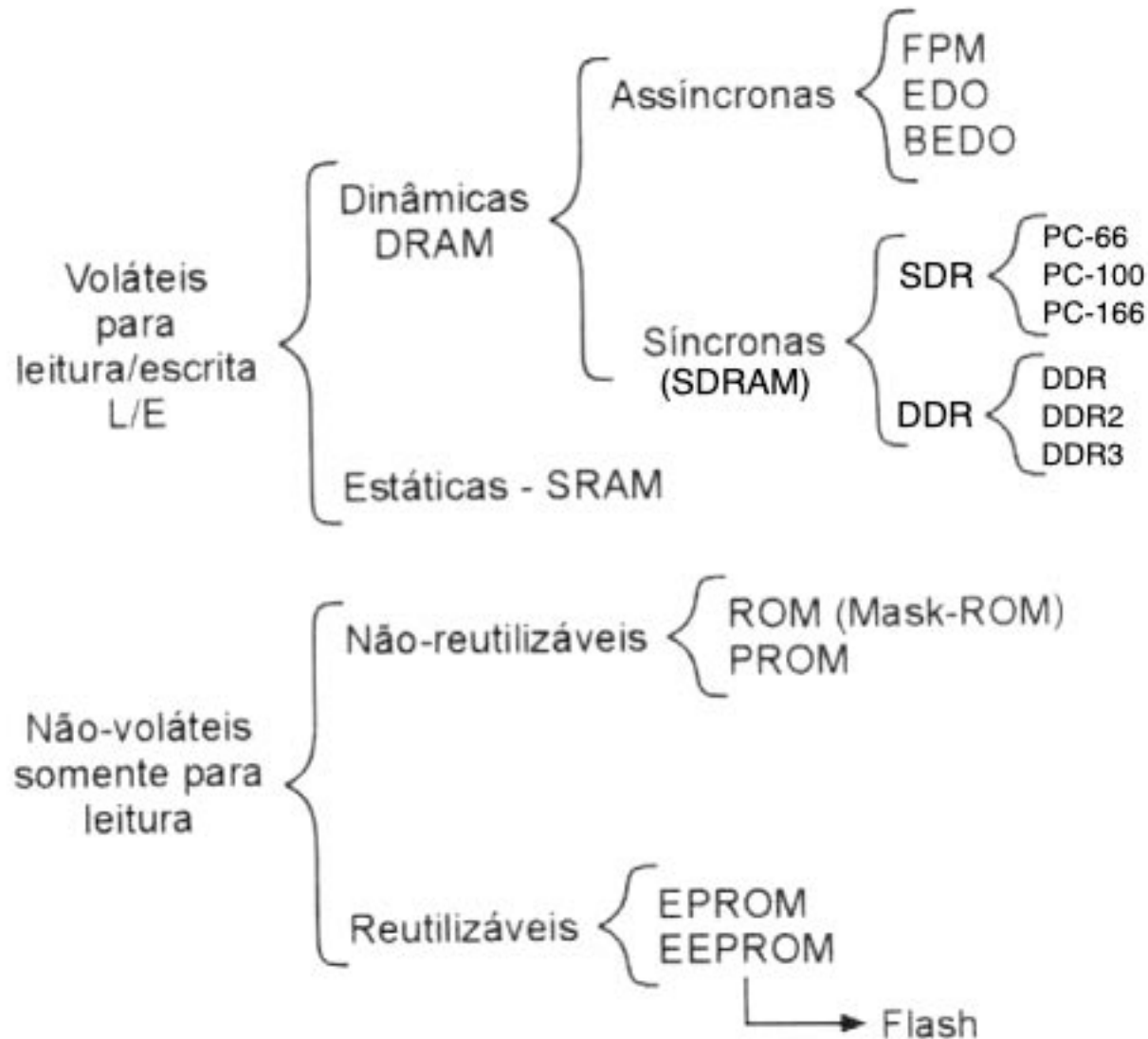
APLICAÇÕES DE MEMÓRIAS ROMs

■ *Solid State Drive (SSD)*

- Baseado em memórias NAND FLASH;
- Usado para substituir as HDs como memória secundária;
- Lançado comercialmente em 1988;
- Vantagem de não ser um dispositivo eletromecânico:
 - Mais rápido;
 - Mais confiável;
 - Menor consumo de energia;
 - Menor espaço físico
- Maior custo que uma HD.



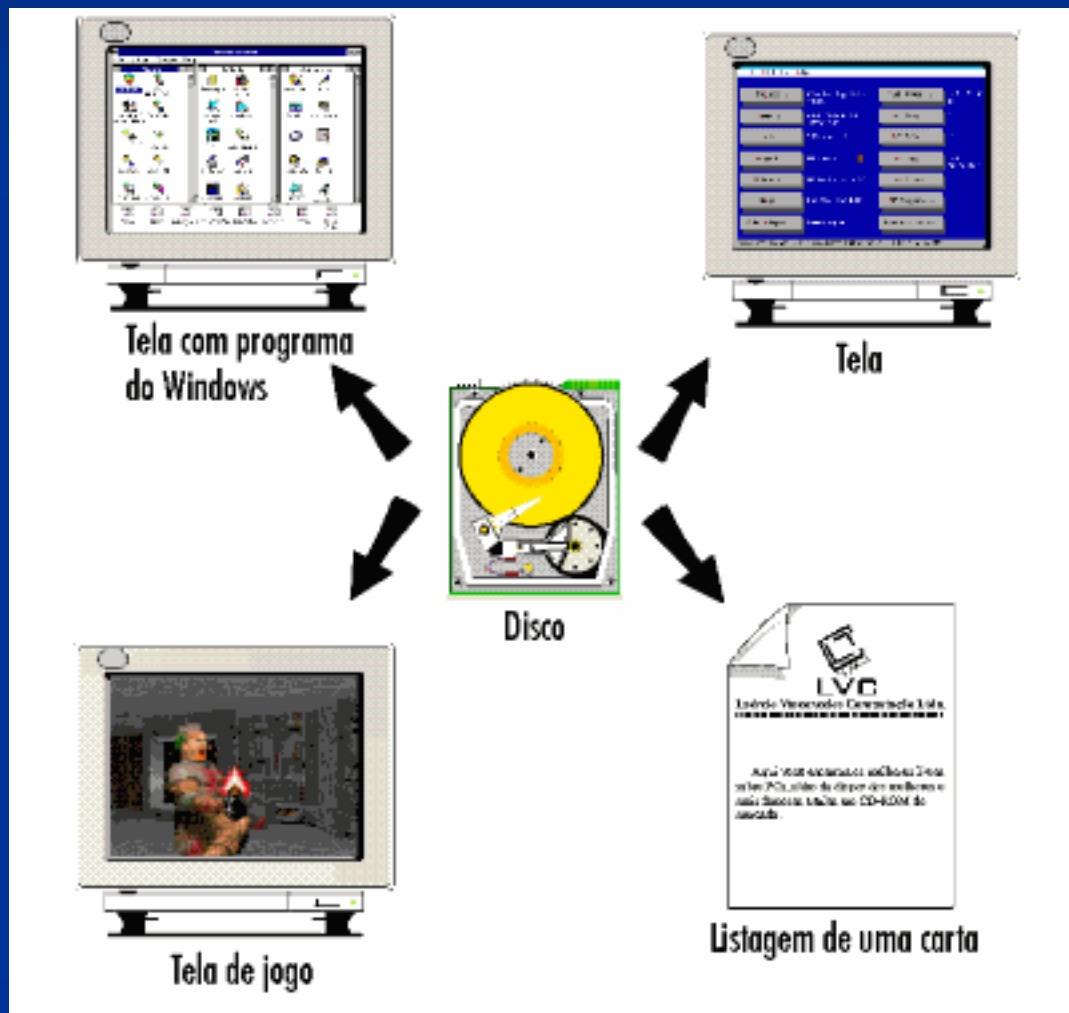
Memórias Semicondutoras - Resumo



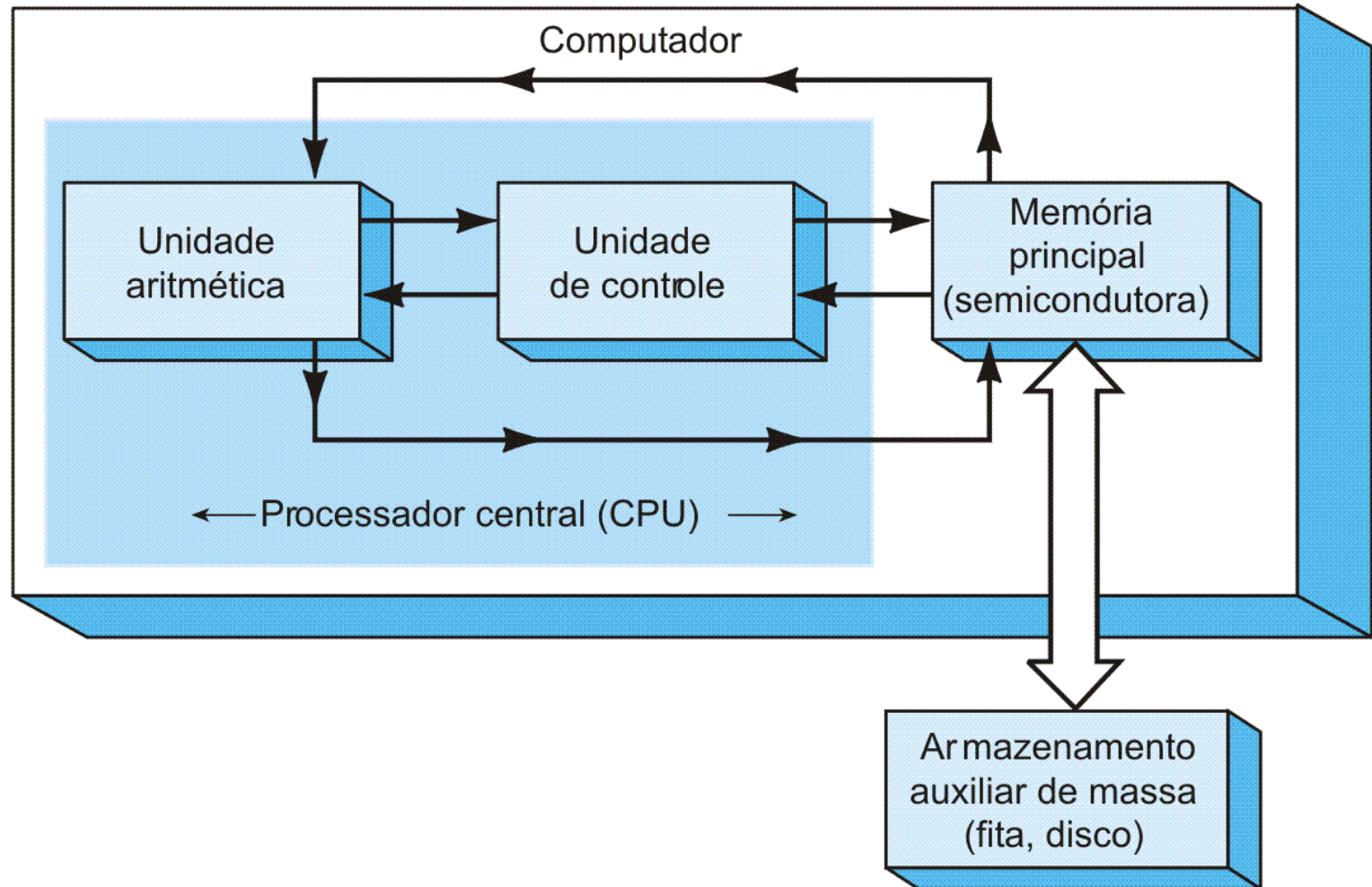
Memória Secundária

- Na execução de programas, muitas vezes os programas precisam manipular uma quantidade de dados tão grande que não cabem na memória principal

dados são armazenados em arquivos que são lidos da memória secundária e processados por partes



Hierarquia de Memórias em um Microcomputador

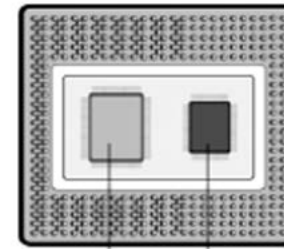


Hierarquia de Memórias em um Microcomputador

Processador (Cache L1 e Registradores)



Processador (Cache L2)



Cache L2 Processador

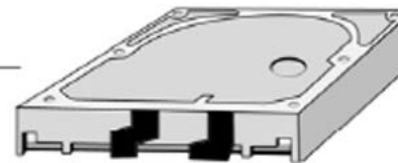
Cache L2 (Externo)



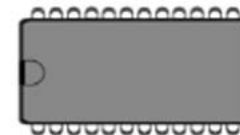
MP (RAM)



MS (Discos)



ROM



Hierarquia de Memórias em um Microcomputador

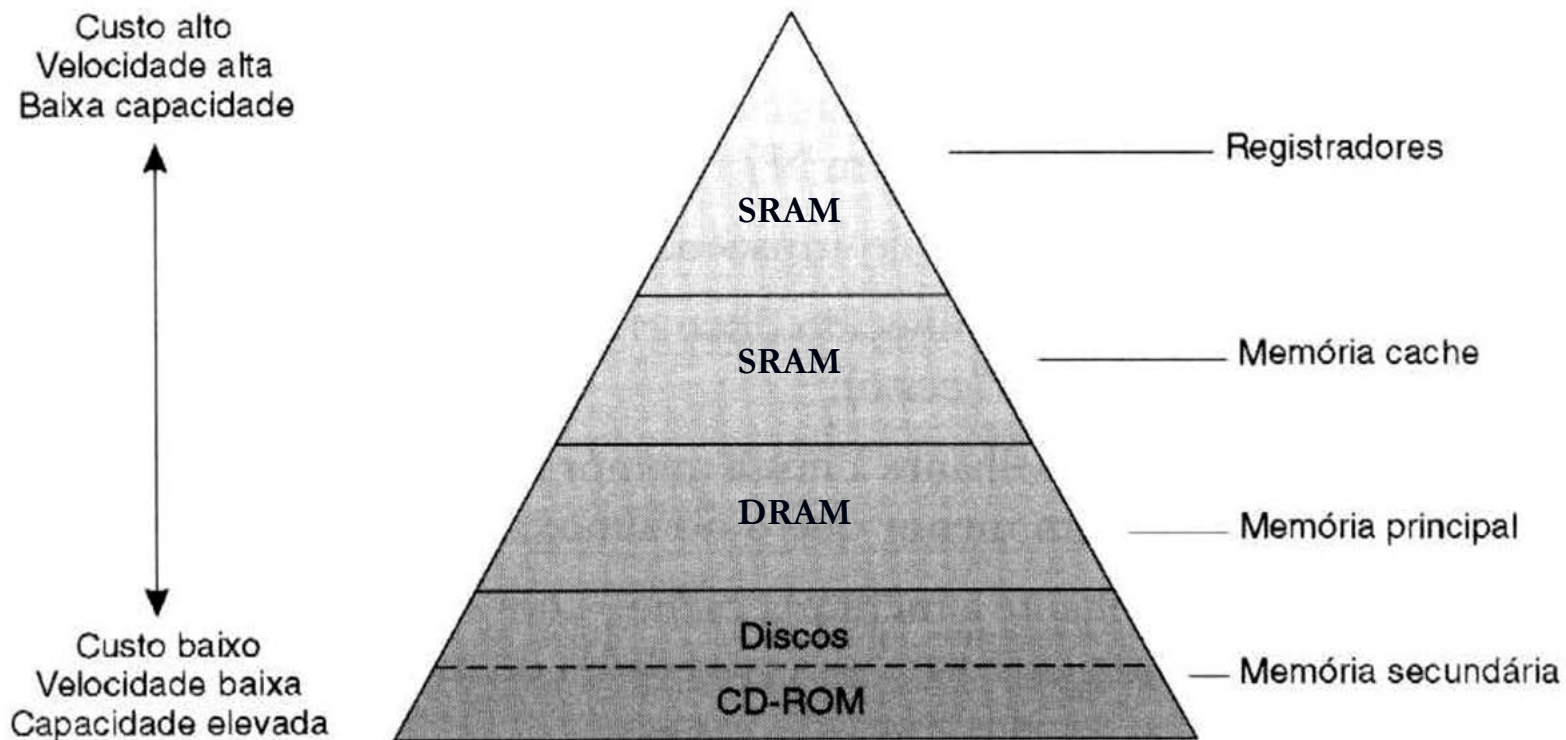


Figura 4.4 Hierarquia de memória.

Hierarquia de Memórias

■ Registradores

- Internos ao μ P, pequenos (8 a 128 bits), extremamente rápidos (1 a 2 nano segundos). Alto custo. Alguns são endereçáveis à bit.
- Acumulador, Registro de Instrução, Program Counter

■ Cache

- Próximos ao μ P. Bastante rápidos e caros (5 a 20 nano segundos).
- L1 – junto ao μ P (até 256 KB) e L2 – externo (Até 4MB)

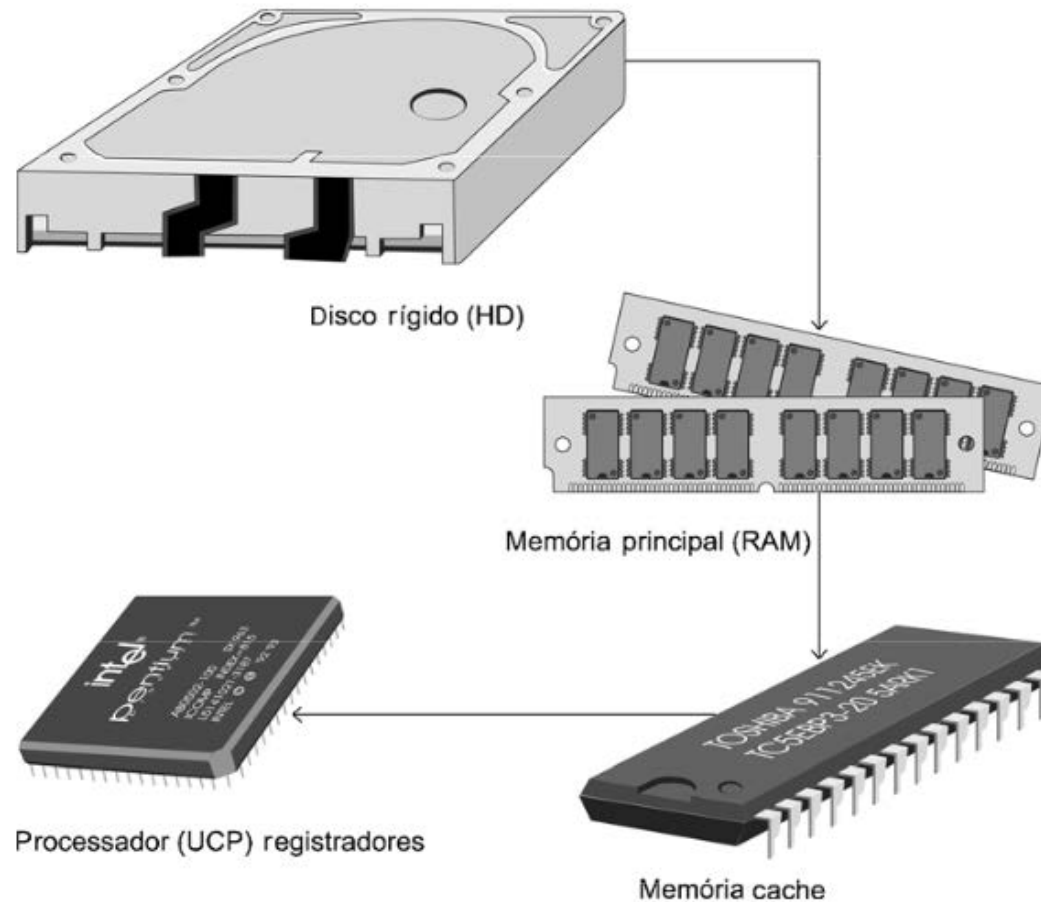
■ Memória Principal

- Geralmente DRAM (50 a 100 nano segundos)
- Maior capacidade de armazenamento (1GB)

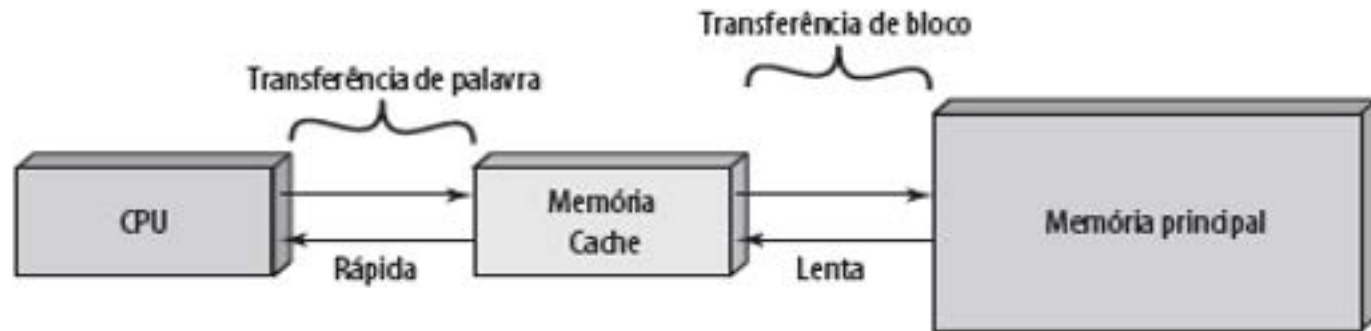
■ Memória Secundária (ou de Massa)

- Memória não eletrônica. Geralmente dispositivos eletromecânicos
- Tempo de acesso alto (HD – 8 a 30 ms); (CD-ROM – 120 a 200 ms)
- Alta capacidade de armazenamento (2 TB ou mais)

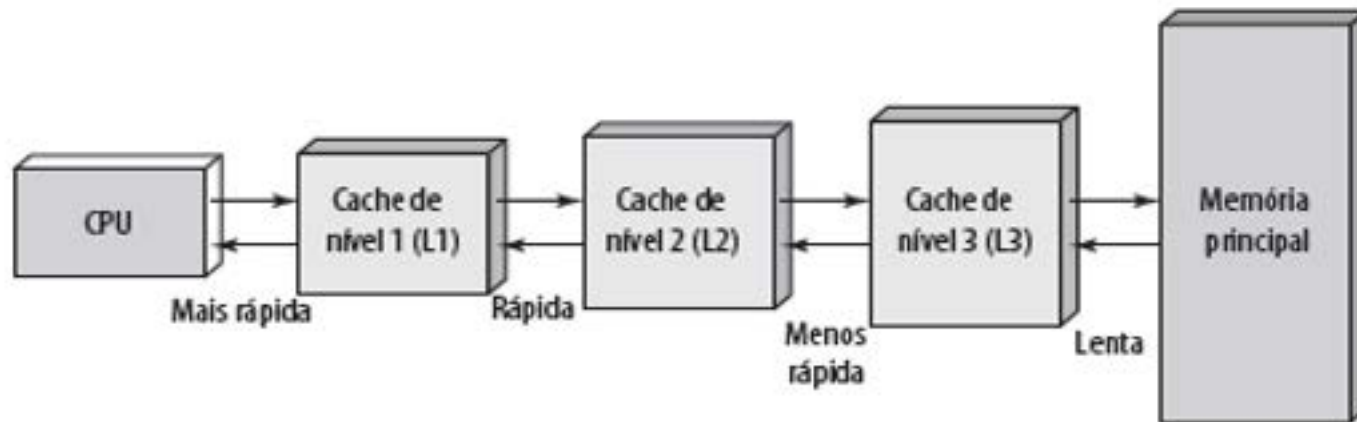
Hierarquia de Memórias em um Microcomputador



Hierarquia de Memórias em um Microcomputador



(a) Cache única



(b) Organização de cache em três níveis

Barramentos

Tipos:

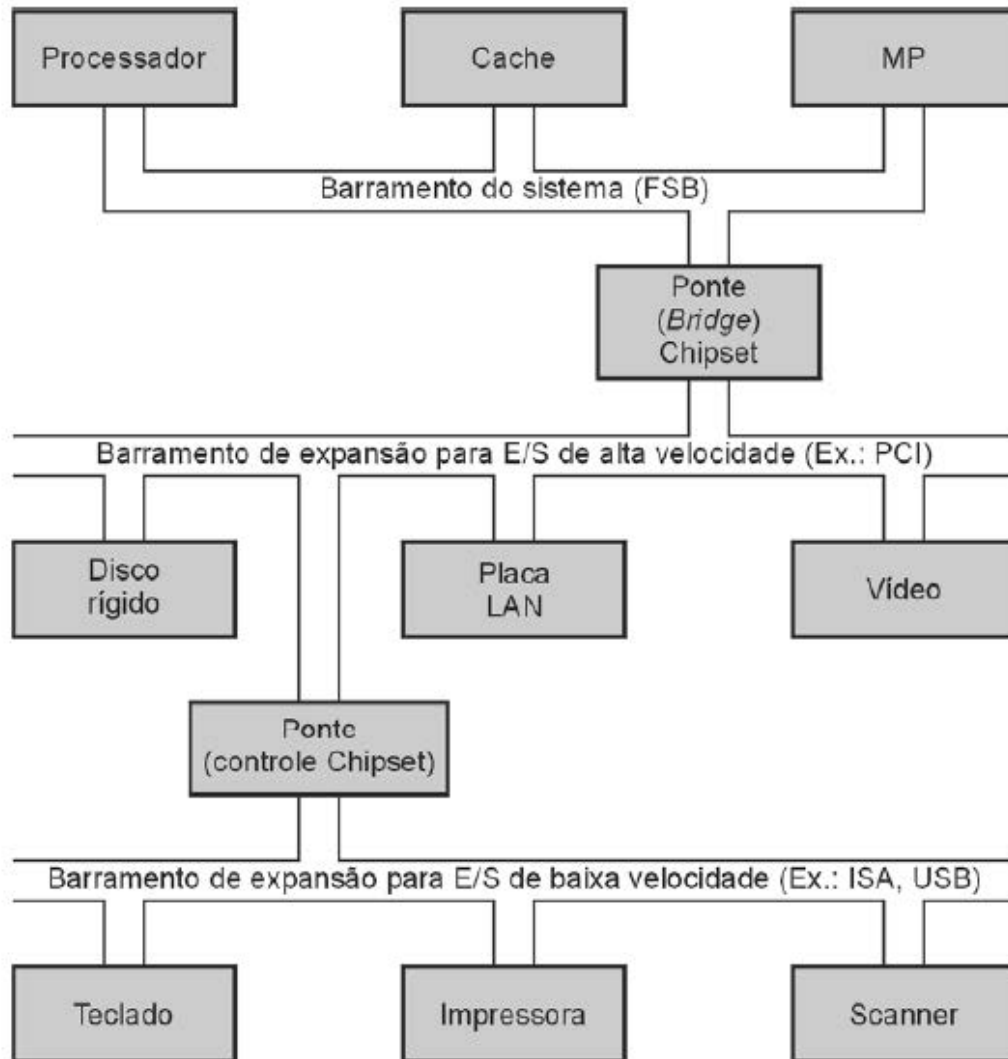
■ Síncronos

- Sincronizadas com um sinal de *clock*
- Implementação mais simples
- Todos os dispositivos devem se comunicar com a mesma velocidade
- Desvantagem se há diferença de velocidade entre os dispositivos conectados

■ Assíncronos

- Sem *clock*
- Vantagem pois cada dispositivo pode se comunicar com uma velocidade diferente
- Implementação mais complexa: regras (protocolos) para início e término de comunicação

Hierarquia de Barramentos



Memórias Secundárias

Memória Secundária

- Devem ser de escrita e leitura (tipo RAM)
- Devem ser não-voláteis (tipo ROM)
- Alta capacidade de armazenamento
- Baixo custo por byte

- Ex:
 - **Fita Magnética** - criada em 1950
 - **Disco Flexível (FD)** - em 1967 pela IBM
 - **Disco Rígido (HD)** - em 1976 pela Seagate
 - **CD-ROM** – em 1983 pela Philips
 - **SSD** – em 1988 pela SanDisk
 - **DVD** – em 1997 por um consórcio de empresas (Sony, Philips, Toshiba...)
 - **Blu-ray** – em 2006 pela Sony e Panasonic

Fita Magnética

- Acesso sequencial
- Bits são armazenados de acordo com a direção do campo magnético
- Armazenamento de 9 bits (1 byte mais um de paridade)

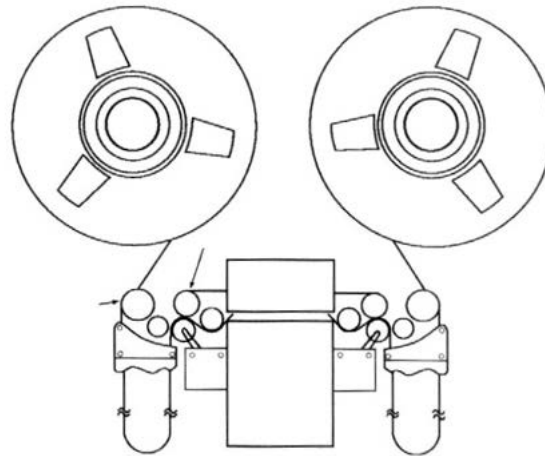


Figura 9.15 Mecanismo de transporte de uma unidade de fita magnética.



Fita Magnética

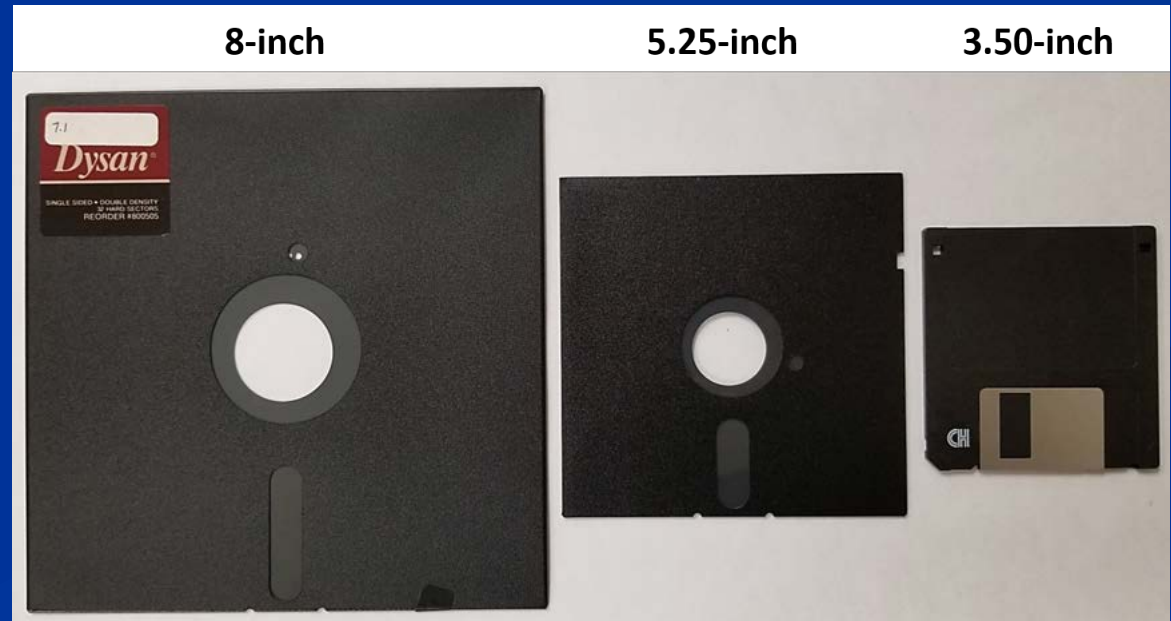
- 1951 – UNIVAC I recebe o drive de fita magnética UNISERVO, o primeiro drive de armazenamento de fitas para um computador comercial



Fonte: <http://www.computerhistory.org/timeline/1951/#169ebbe2ad45559efbc6eb35720f211e>

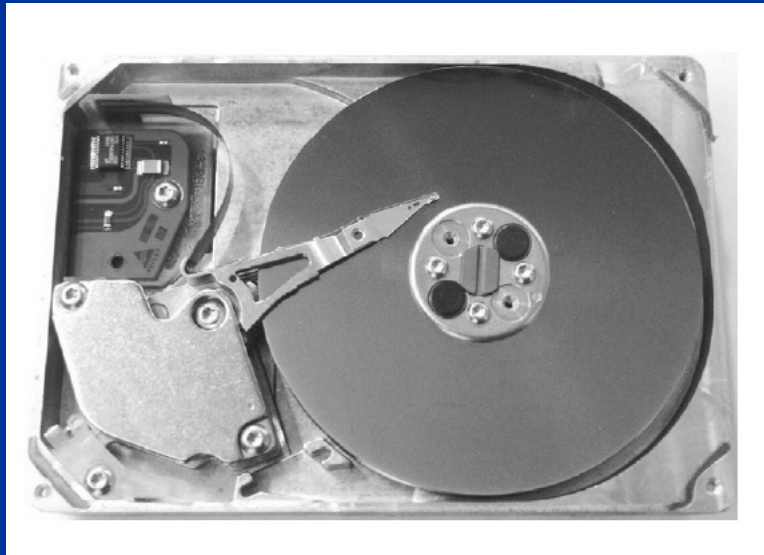
Floppy Disk

- Bits são armazenados de acordo com a direção do campo magnético gravado no disco
- Apenas 1 disco flexível e de 1 ou duas superfícies;
- Baixa capacidade de armazenamento, tempo de leitura e escrita bastante lentos;
- Baixo custo e portabilidade.



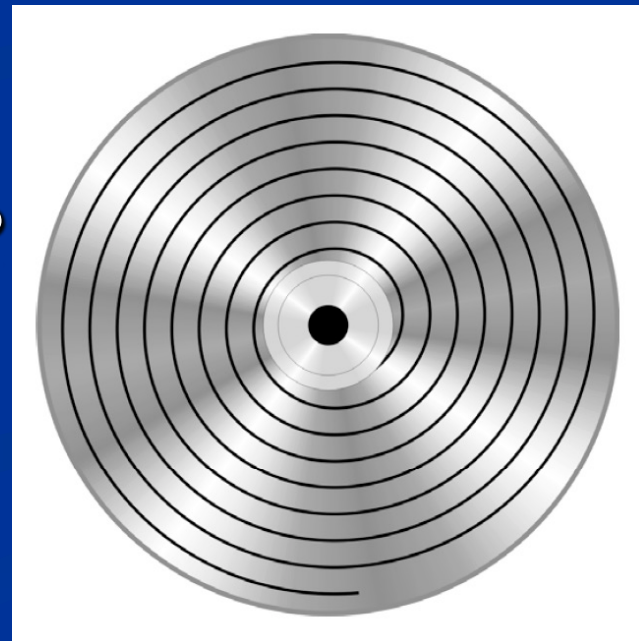
Hard Disk

- Usam vários discos achatados (pratos) revestidos nos dois lados por material magnético → armazenar informações
- Bits são armazenados de acordo com a direção do campo magnético gravado no disco
- Os discos são montados em uma pilha e giram a uma rotação constante (3600 a 7200 rpm)



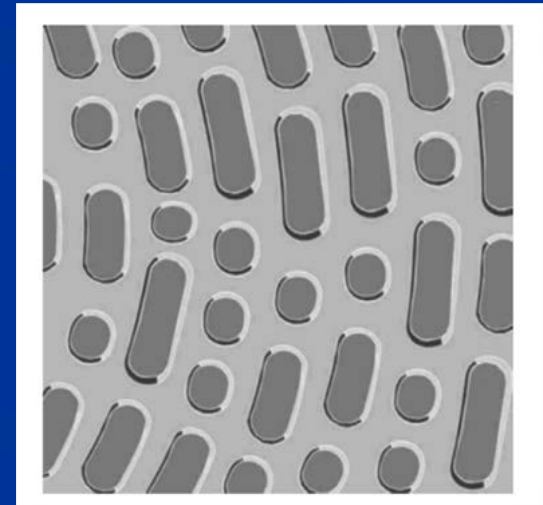
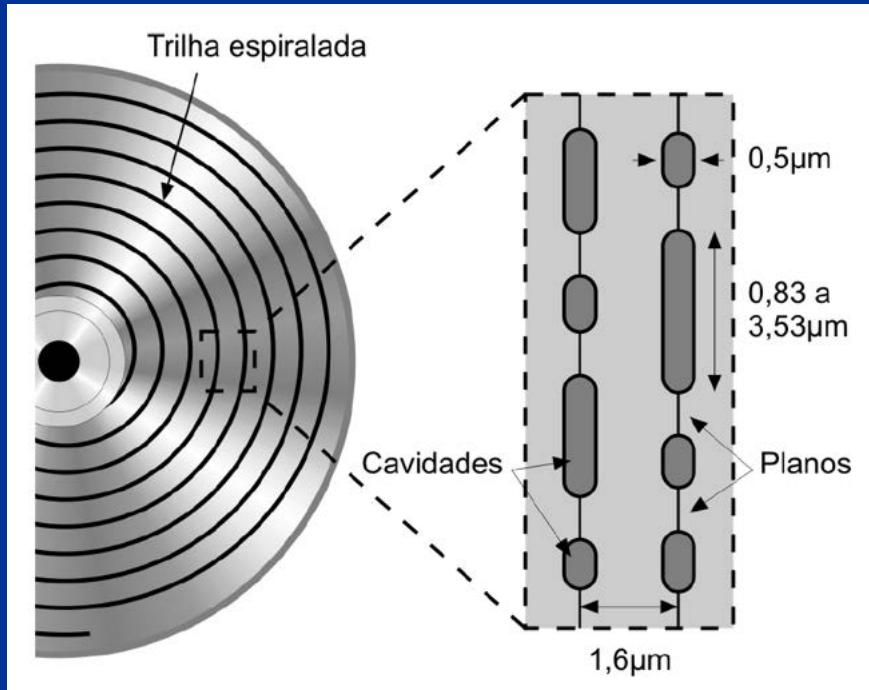
CD-ROM

- Compact-Disk Read-Only Memory
- Superfície de policarbonato com material de alta reflexão
- Geralmente de 12 cm de diâmetro e 1,2 mm de espessura
- Utiliza técnicas óticas de laser para gravação (marcação) e leitura (Laser de $\lambda = 780\text{nm}$).
- Apenas **uma trilha em espiral**
- 22.188 voltas - 5,6 Km de extensão
- Mesma densidade de armazenamento
- Diferentes velocidades de rotação



CD-ROM

- Marcação é feita por pequenas cavidades ($0,5\ \mu\text{m}$) $\rightarrow$ são revestidas de material reflexivo.
- A leitura é feita a partir das reflexões de um feixe de laser
- As cavidades (alta reflexão) contêm o bit 1 e os planos (baixa reflexão) contêm o bit 0.



DVD

- Digital Video Disk
- Mesma tecnologia ótica do CD, mas com setores de marcação de tamanho menor (Laser de $\lambda = 650\text{nm}$).
- Podem ter duas camadas de marcação na mesma superfície, que são lidas separadamente pela variação da inclinação e da intensidade do feixe laser

Tipo de DVD	Capacidade
Um lado, uma camada	4,7 GB
Um lado, duas camadas	8,5 GB

Blu-ray Disc

- Disco de Raio Azul (Blue-Ray)
- Mesma tecnologia ótica do CD e do DVD, mas com setores de marcação de tamanho ainda menor (Laser de $\lambda = 405\text{nm}$).
- Podem ter duas camadas de marcação na mesma superfície, que são lidas separadamente pela variação da inclinação e da intensidade do feixe laser

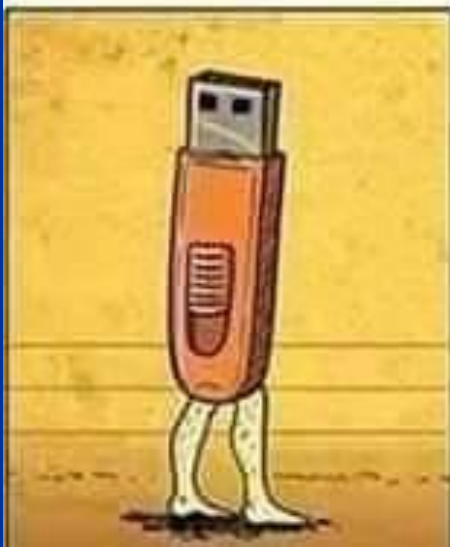
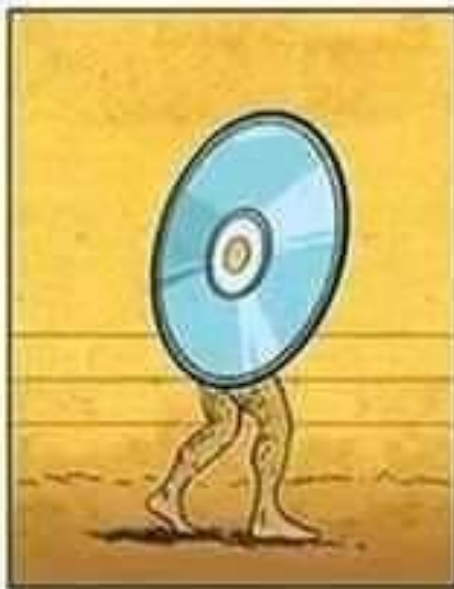
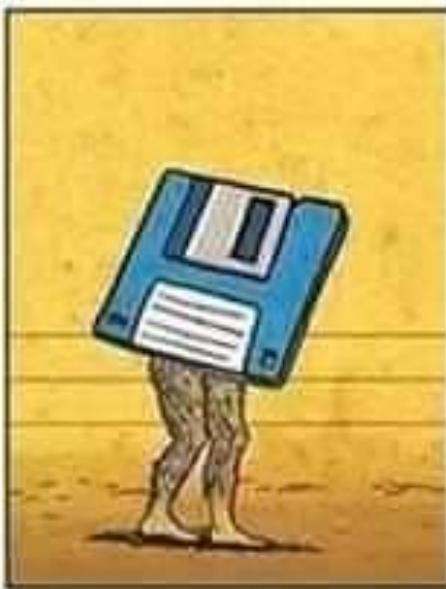
Tipo de blu-ray	Capacidade
Um lado, uma camada	25 GB
Um lado, duas camadas	50 GB



CD – DVD – Blu-ray

	CD	DVD	Blu-ray
Capacidade de armazenamento	0,7 GB	4,7 GB 8,5 GB	25 GB 50 GB
Comprimento de onda do laser	780 nm	650 nm	405 nm
Taxa de transferência	Padrão: 150 kB/s 52x: 7,8 MB/s	Padrão: 1350 kB/s 8x: 10,8 MB/s	Padrão: 4500 kB/s 12x: 54 MB/s

Evolution of Memory Storage



FIM