

Departamento de Engenharia Elétrica e de Computação
EESC-USP

SEL-415 Introdução à Organização dos Computadores

Aula 4 **Memórias**

Parte 2

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 RAM

RAMs - Características

- Permitem leitura e escrita de dados
- Constituídas geralmente por Biestáveis (Flip-Flops)
- Acesso Aleatório (direto)
- Gerador de produtos canônicos para seleção (decodificadores)
- A maioria é volátil

Tipos de RAM

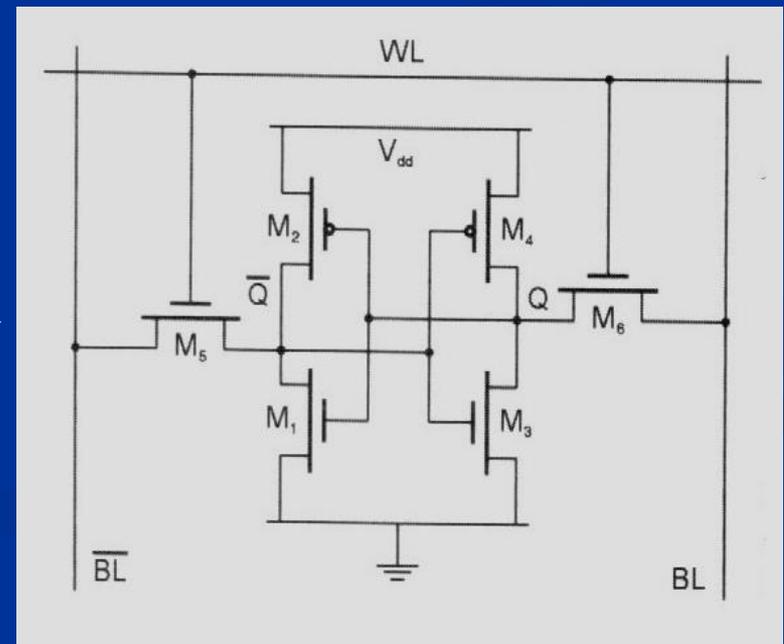
- **ESTÁTICAS (SRAM):** armazenam e mantêm os dados enquanto houver alimentação
- **DINÂMICAS (DRAM):** usam capacitor e transistor MOSFET para armazenar dados recarga do capacitor a cada ~ 15ns

Tempo de acesso da memória: o tempo decorrido entre uma requisição de leitura de uma posição de memória e o instante em que a informação requerida está disponível para utilização do processador.

RAM Estática (SRAM)

- 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



Estática (SRAM)

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

RAM 256K x 4

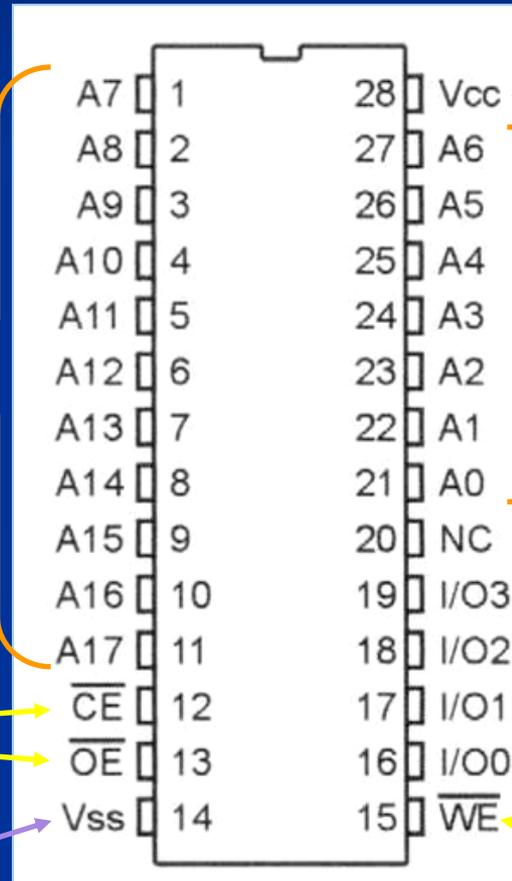
Pinos para
endereçamento

Pinos de controle:

CE - Seleção do Chip

OE - Leitura

Alimentação
(TERRA)



Alimentação
(+5V)

Pinos para
endereçamento

Pinos para
entrada/saída
de dados

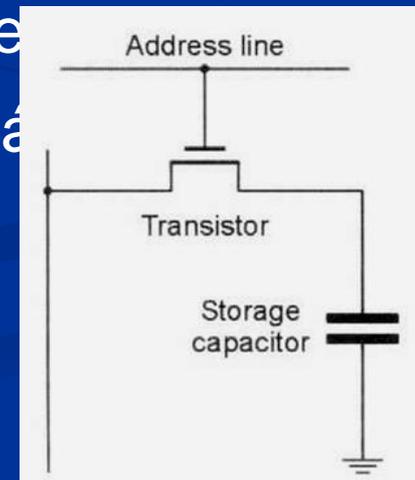
Pino de controle:
Escrita

256K x 4

Dinâmica (DRAM)

- Célula básica composta por 1 capacitor e 1 transistor (por BIT);
- Necessidade de “REFRESH” (a cada 4 a 64 ms) para não perder os dados;
- são de **custo menor** e **ocupam menos espaço físico** na pastilha de silício do que as SRAM
 - ✓ tipicamente $\frac{1}{4}$ da área de silício das SRAMs ou menos
- Existem diferentes tecnologias de DRAM, e as velocidades que elas fornecem são diferentes
- São **mais lentas** do que as memórias estáticas

Célula Básica



Dinâmica (DRAM)

- Os chips de DRAM diferenciam-se nos seguintes aspectos:
 - ✓ tamanho da palavra (dado) da memória (número de bits que cada célula armazena)
 - ➔ chips com 1, 4, 8, 16, 32 bits ou +
 - ✓ número de palavras na memória ➔ capacidade de armazenamento
 - ✓ tempo de acesso
 - ✓ tipo de encapsulamento
 - ✓ sistema de “Refresh” interno ou externo

Comparação entre DRAM e SRAM

Comparativo entre DRAM e SRAM		
	DRAM	SRAM
Preço	Barata	Cara
Integração	Fácil (muita capacidade em pouco espaço)	Difícil (pouca capacidade em muito espaço)
Consumo	Baixo	Alto
Velocidade	Lenta, pois necessita de refresh	Rápida

Tipos de RAM Dinâmica (DRAM)

■ **DRAM Assíncrona (convencional)**

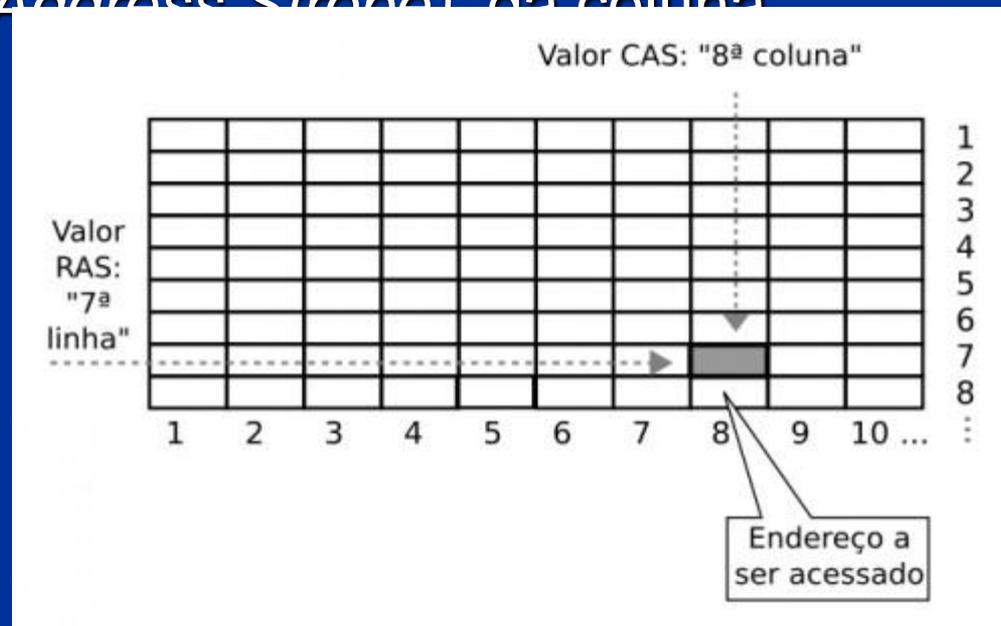
- Tipo que era usada nos PCs desde os dias dos IBM PCs originais
- memória não sincronizada com o CK do sistema
- trabalham bem com barramentos de memória de baixa velocidade (< 66 MHz)

■ **DRAM Síncrona (SDRAM)**

- sincronizada com o CK do computador → melhor controlada
- Muito mais rápida que a DRAM assíncrona
- Praticamente todos os computadores novos são vendidos com um tipo de memória tipo SDRAM

Acesso à Memória

- as células de memória são organizadas em uma espécie de matriz, ou seja, são orientadas em um esquema que lembra linhas (*wordline*) e colunas (*bitline*).
- controlador de memória: acessa a memória gerando primeiro o valor **RAS** (*Row Address Strobe*) (n^o da linha de qual o endereço faz parte), e depois do valor **CAS** (*Column Address Strobe*) da coluna



DRAM Dinâmica ASSÍNCRONA: Tipos de Tecnologia

- **FPM(Fast Page Mode):** são realizados 4 acessos a memória seguidos sendo que o 1º é mais lento do que os outros. Isso porque o controlador de memória retém o valor da última linha acessada(RAS) e, em seguida, trabalha com uma sequência de quatro colunas (CAS); assim, para acessos realizados na mesma linha não é necessário o processador enviar o endereço da linha. (486 e antigos Pentium).
- **EDO(Extended Data Output):** retém os dados na saída da memória mesmo qdo o sinal de leitura é desabilitado. Portanto o próximo endereço pode ser enviado enquanto os dados anteriores ainda estão presentes. Aumento de desempenho de 5% em relação às FPM.
- **BEDO(Burst Extended Data Output):** é uma EDO com contador de endereços, que após receber os valores de linha e coluna inicial, devolve os tres dados seguintes automaticamente (mais rápidas que as FPM e EDO). Não foi muito usada.

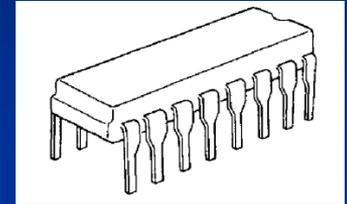
DRAM Dinâmica SÍNCRONA: Tipos de Tecnologia

trabalham de forma sincronizada com o processador, evitando os problemas de atraso das DRAM assíncronas..

- **SDR SDRAM (Single Data Rate SDRAM):** trabalham apenas com uma operação por ciclo com 66 MHz, 100 MHz e 133 MHz
- **DDR(Double Data Rate):** transfere dois dados por pulso de clock (um na subida e outro na descida do pulso), dobrando o desempenho da SDRAM. nomenclatura DDRx-yyyy (onde x é a geração da tecnologia e yyyy é o clock da memória DDR); Ex: DDR2-800 :trabalham a 400 MHz
 - ✓ **DDR2 SDRAM:** trabalham com quatro operações por ciclo de clock,
 - ✓ **DDR3 SDRAM:** trabalham com oito operações por ciclo de clock,
- **RDRAM(Rambus DRAM):** propriedade da Rambus, é baseada em protocolo fechado. Possui uma arquitetura diferente, que possibilita alta taxa de transferência de dados (800MB/s), fazendo uso da borda de subida e descida do clock.

Tipos de Encapsulamento das Memórias DRAM

- **DIP** (*Dual In Line Package*): utilizados em CIs mais antigos de baixa capacidade. Possui pinos salientes. Ex XT, 286 (até final da década de 1980)(8 bits)

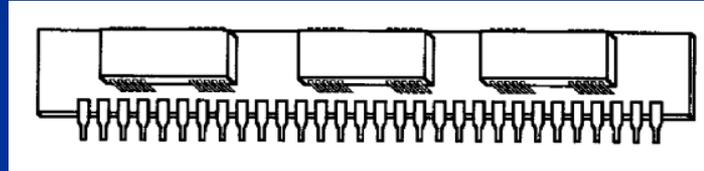
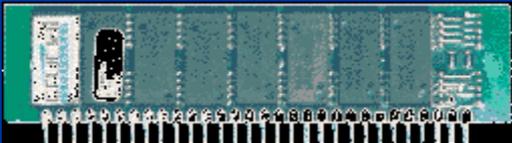


- **SOJ** (*Small Outline J-Lead*): Este encapsulamento tem este nome porque as pinos do chip se dobram em forma de “J”. O chip não se encaixa em furos da placa de circuito impresso, mas é montado num processo parecido com uma “colagem” (muito usado atualmente). Este processo é chamado de tecnologia de montagem em superfície (SMT).

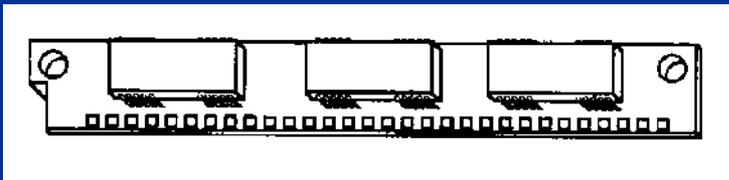


Tipos de Módulos das Memórias DRAM (cont.)

- **SIPP** (*Single In Line Pin Package*): 1º módulo a ser criado → um conjunto de chips DIP que formam uma placa de memória (pente de memória). Usado nos processadores 286 e 386. (8 bits). Encontrados em versões de 256KB, 1MB e 4MB. (Memórias FPM, EDO e BEDO)

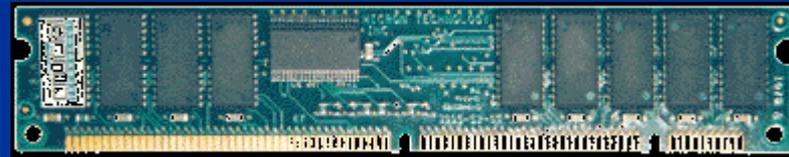
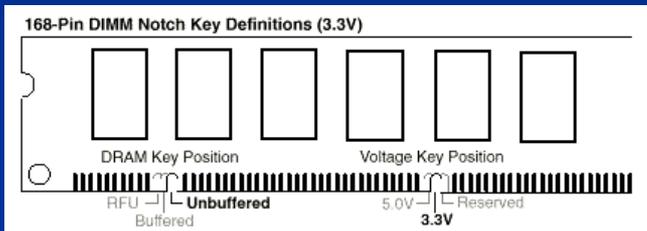


- **SIMM** (*Single In-Line Memory Module*): (1992) difere do SIPP na forma de seus contatos. (usado em Memórias EDO e SDRAM) Disponível nos modelos:
 - ✓ 30 terminais (endereços, dados (8bits) e controle) (Ex:486) (256KB, 1MB e 4MB)
 - ✓ 72 pinos(32 bits, Ex: Pentium II) (mais comuns: 8MB, 16MB e 32MB.)



Tipos de Módulos das Memórias DRAM (cont.)

■ **DIMM** (*Dual In-Line Memory Module*): (1997) tem encaixe igual ao do SIMM, mas que é de 168 pinos, 84 de cada lado, com contatos independentes nas duas faces (64 bits; Ex: Pentium IV)(disponível acima de 8MB). (usado nas memórias DDR)

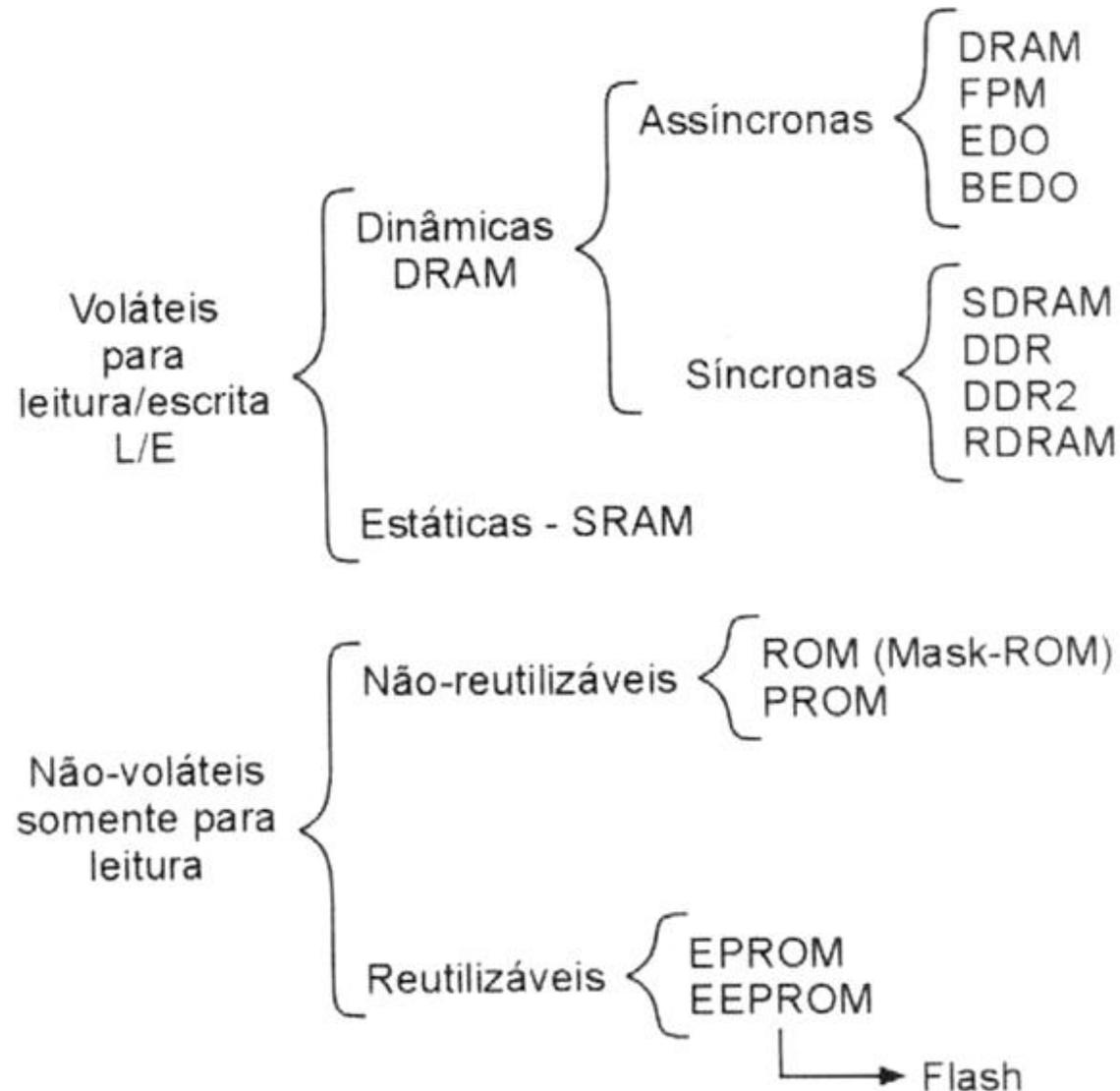


■ **RIMM** (*Rambus In line Memory Module*): de propriedade da empresa Rambus, possui 184 pinos, utiliza apenas pastilhas RDRAM (64 bits) de propriedade da Rambus.

Conceito da tecnologia Rambus: consiste em transmissões de poucos bits por vez (ex: 16 bits) porém com um clock muito elevado.



Memórias Semicondutoras - Resumo



Tempos de Chaveamento das Memórias Semicondutoras

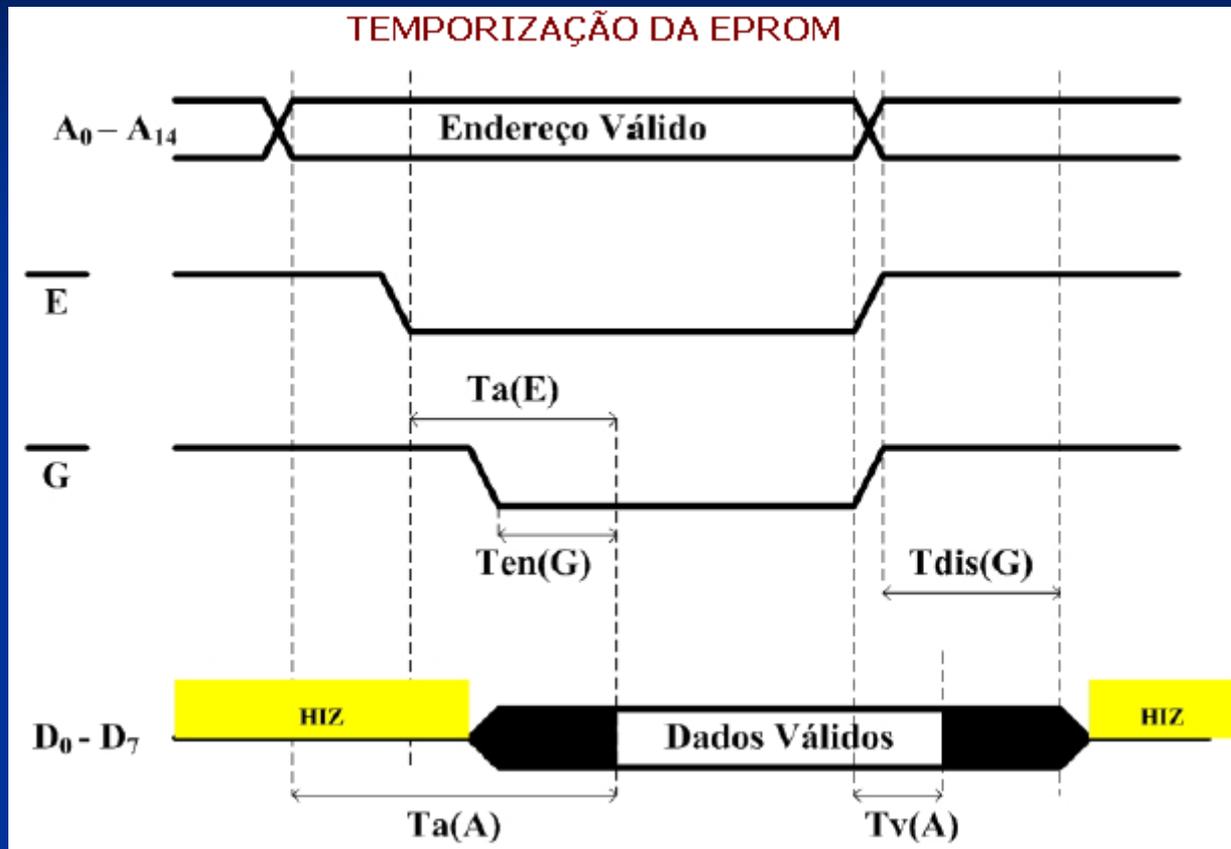
Ta(A): Tempo de acesso após endereço válido.

Ta(E): Tempo de acesso após habilitação do chip.

Ten(G): Tempo de acesso após habilitação da saída (tristate).

Tv(A): Tempo em que os dados estão válidos após a mudança de endereço, de E ou de G.

Tdis(G): Tempo para desabilitar a saída após a mudança de endereço.



Ciclo de Leitura

Obs: Existe um atraso de propagação entre a aplicação das entradas (endereços e controle e seleção) de uma ROM e a aparição das saídas de dados durante a operação de leitura.

TEMPOS DE CHAVEAMENTO DAS MEMÓRIAS SEMICONDUTORAS (Cont.)

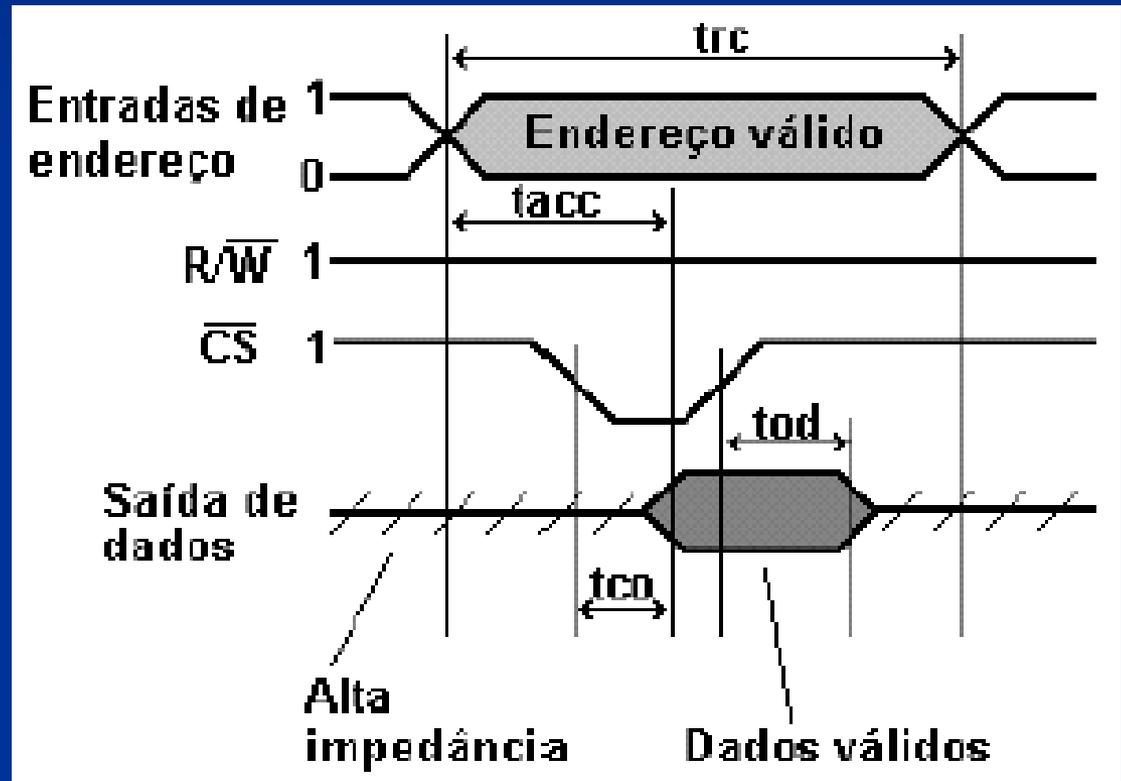
Temporização memória RAM

trc = intervalo de duração do ciclo de leitura;

tacc = tempo de acesso à RAM;

tco = tempo que a saída da RAM leva para sair de alta impedância e ter um dado válido;

tod = tempo decorrido entre a desabilitação da RAM e o instante que as saídas da RAM vão para alta impedância.

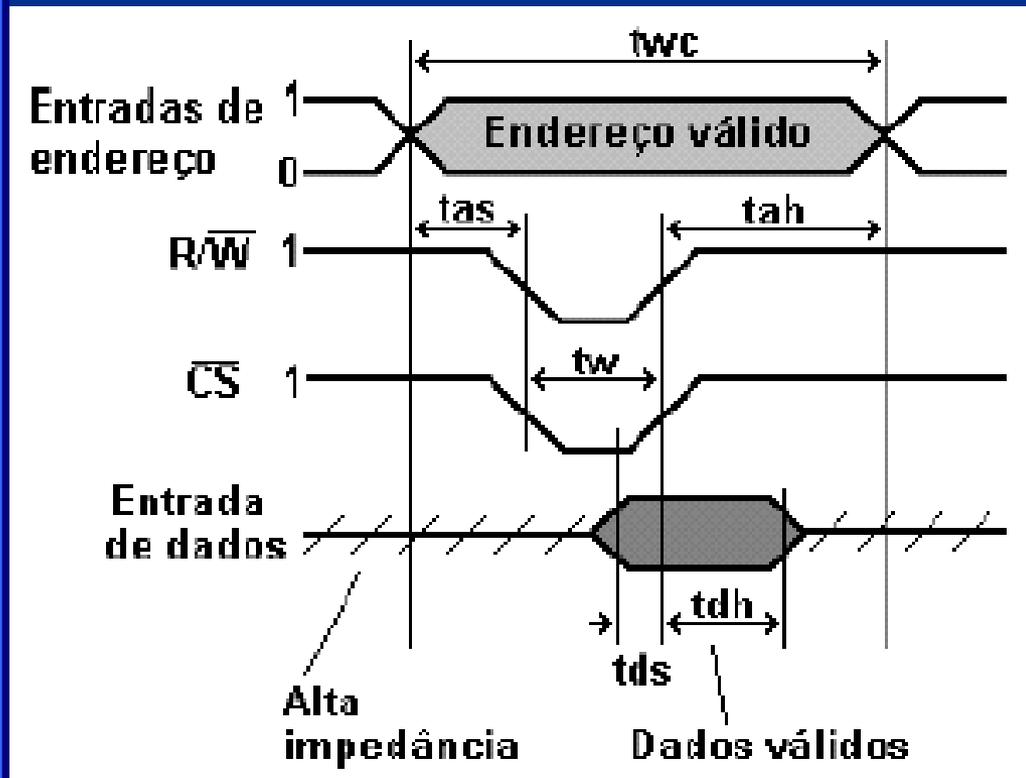


Ciclo de Leitura

TEMPOS DE CHAVEAMENTO DAS MEMÓRIAS SEMICONDUTORAS (cont.)

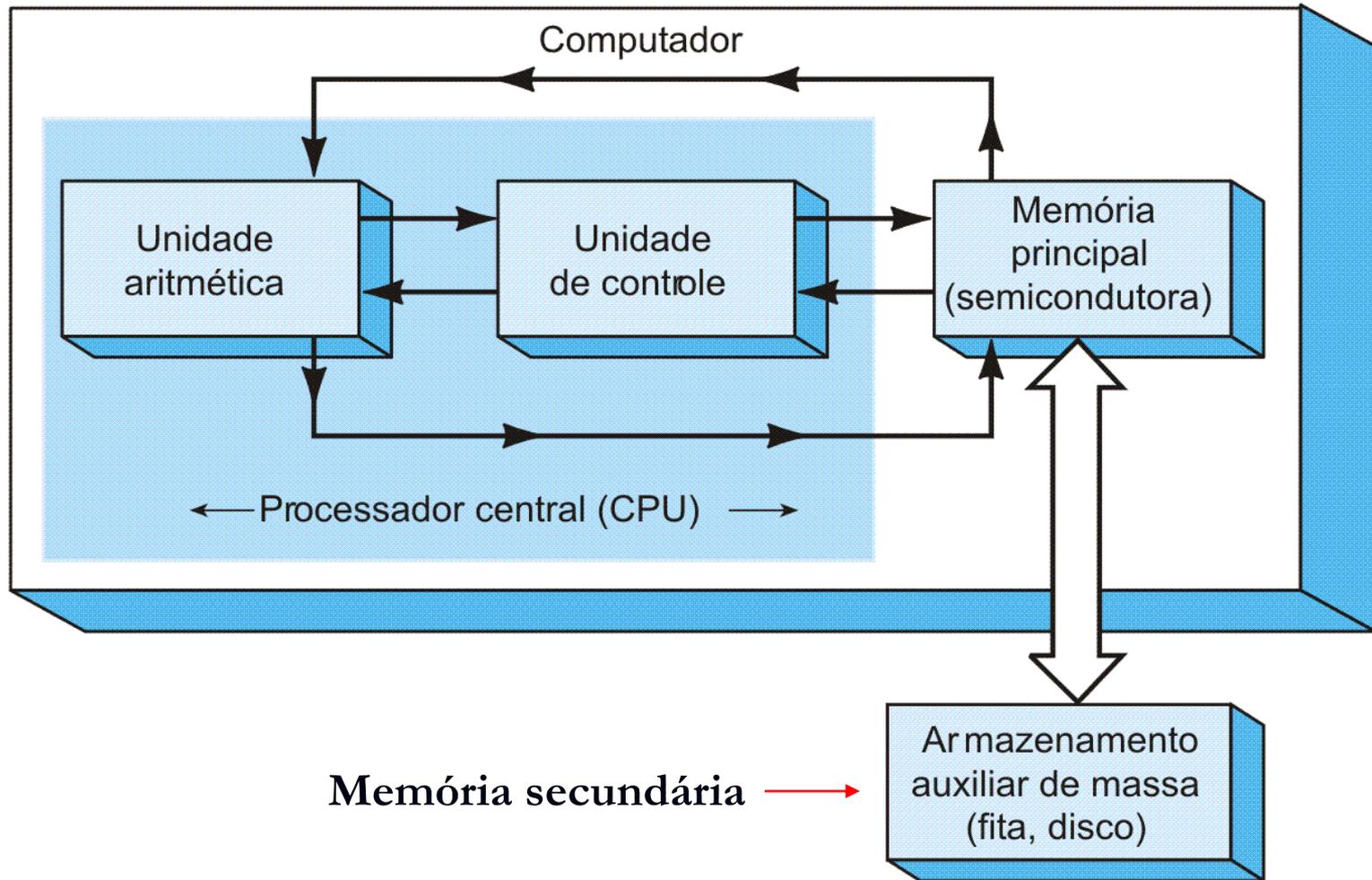
- **twc** = intervalo de duração do ciclo de escrita;
- **tas** = tempo para estabilização do duto de endereços, antes de habilitar a RAM;
- **tah** = intervalo necessário para que o duto de endereços permaneça estável;
- **tw** = tempo de escrita, onde /CS e R/W ficam em "0";
- **tds** = tempo em que os dados devem ser mantidos na entrada, antes da desabilitação de CS e W / R ;
- **tdh** = tempo em que os dados devem ser mantidos na entrada depois da desabilitação de CS e R / W .

Temporização memória RAM



Ciclo de Escrita (ou Gravação)

Hierarquia de Memórias em um Microcomputador



Memória de um Microcomputador

- A memória de um computador é um sistema, ou seja, um subsistema constituído de vários tipos diferentes de memórias interligados hierárquicamente. Cada uma com suas características próprias de tempo de transferência de dados, capacidade de armazenamento, custo, etc.

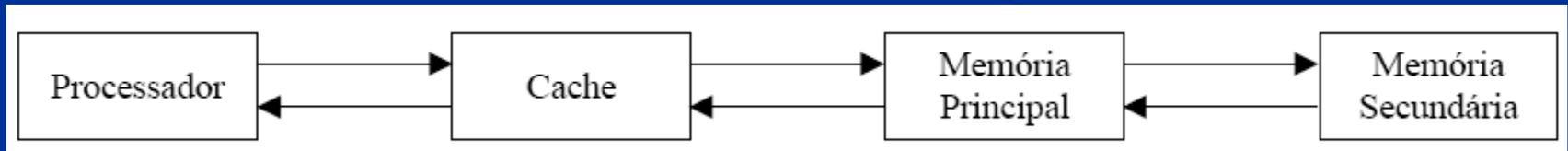
Necessidade de vários tipos de memórias



- ✓ **Velocidade do processador >> tempo de acesso da memória**
- ✓ **Necessidade de capacidade cada vez maior de armazenamento**
- ✓ **manter um custo adequado**

Organização e hierarquia de Memórias

- ❑ Memórias são organizadas em pequenas áreas identificadas por “endereços” para que o processador possa buscar ou armazenar dados.
- ❑ Divide-se as memórias em hierarquias com o objetivo de se obter um desempenho próximo ao da memória mais rápida e custo próximo da memória mais barata.



Hierarquia de Memórias em um Microcomputador

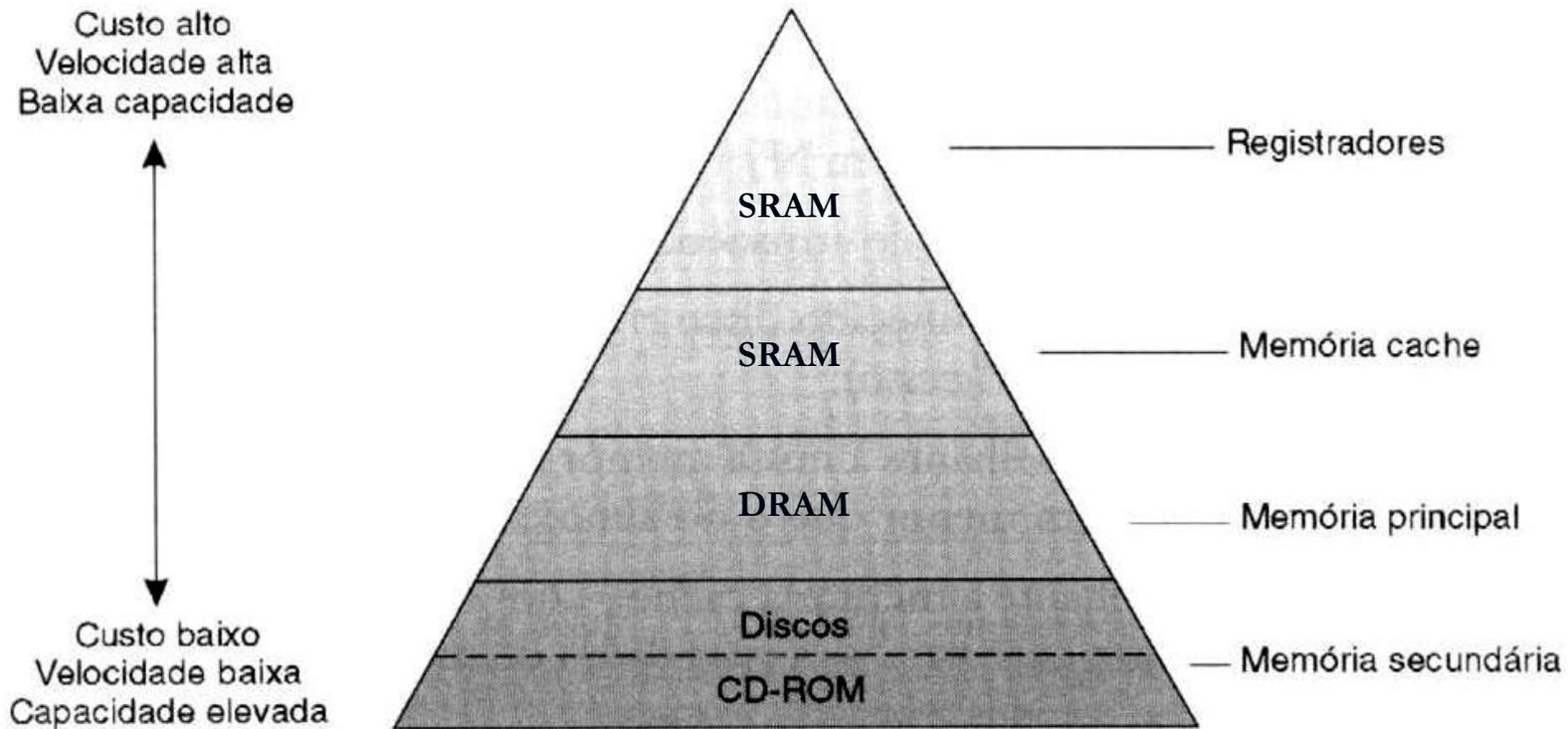


Figura 4.4 Hierarquia de memória.

Hierarquia de Memória

REGISTRADORES: são elementos básicos de memória que apresentam as seguintes funções de âmbito geral:

- * funciona como armazenador intermediário de dados;
- * permite a manipulação de dados;
- * permite a manipulação de instruções.

Os registradores são fabricados para armazenar um único bit, uma instrução ou até mesmo um único endereço de poucos bits de 8 a 64.

MEMÓRIA PRINCIPAL: ou memória de trabalho, onde normalmente devem estar armazenados os programas e dados a serem manipulados pelo processador;

MEMÓRIA SECUNDÁRIA: permitem armazenar uma maior quantidade de dados e instruções por um período de tempo mais longo; Ex: disco rígido

MEMÓRIA CACHE: memória cache, que se constitui de uma pequena porção de memória com curto tempo de resposta, normalmente integrada aos processadores e que permite incrementar o desempenho durante a execução de um programa.

Hierarquia de Memória

■ Registradores

- Internos ao μ P, pequenos (8 a 128 bits), extremamente rápidos (1 a 2 nano segundos). Alto custo. Alguns são endereçáveis à bit.
- Voláteis
- Mesma tecnologia dos processadores (Bipolar ou MOS)
- Guardam a informação temporariamente.
- 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)
- Custo alto (L1 mais caros do que L2)
- Tecnologia SRAM: alta velocidade (voláteis)
- Armazenam temporariamente instruções e dados (tempo < execução do programa)

■ Memória Principal

- Geralmente DRAM (50 a 80 nano segundos)
- Maior capacidade de armazenamento (1GB)
- Custo da DRAM mais baixo que da SRAM

■ Memória Secundária (ou auxiliar ou de Massa)

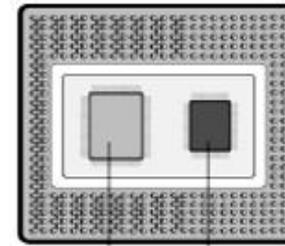
- Memória não eletrônica. Geralmente dispositivos eletromecânicos
- Tempo de acesso alto (HD – 8 a 30 ms); (CD-ROM – 120 a 200 ms)
- Alta capacidade de armazenamento (500 GB ou mais)
- Não voláteis (armazenamento permanente)

Hierarquia de Memórias em um Microcomputador

Processador (Cache L1 e Registradores)



Processador (Cache L2)

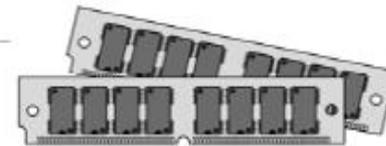


Cache L2 Processador

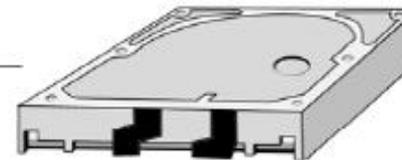
Cache L2 (Externo)



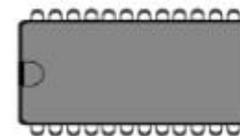
MP (RAM)



MS (Discos)

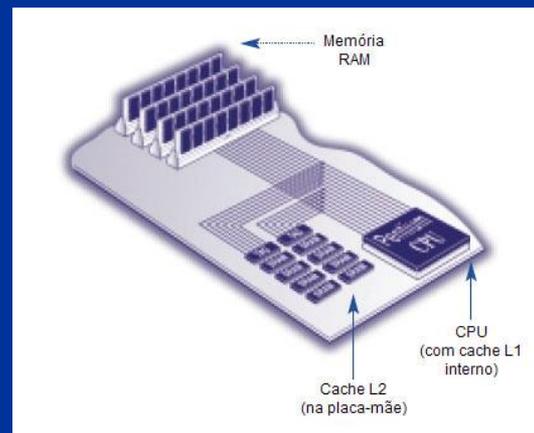


ROM



Memórias CACHE

- tecnologia de cache consiste no uso de uma memória mais rápida, porém menor, para acelerar uma mais lenta, porém maior;
- ao usar um cache, o processador verifica se um determinado item está lá. Em caso afirmativo, essa ação é denominada **acerto de cache** (cache hit). Em caso negativo, denomina-se **erro de cache** (cache miss) e o computador precisa esperar o tempo de ida e volta à memória maior e mais lenta;
- é possível ter múltiplas camadas de cache:
 - Um nível.*: memória menor, porém mais rápida (Cache L1), e uma memória maior(DRAM), porém mais lenta.
 - Dois níveis*: inclui uma memória de tamanho intermediário(cache L2) entre a mais rápida e a mais lenta.



Memórias CACHE

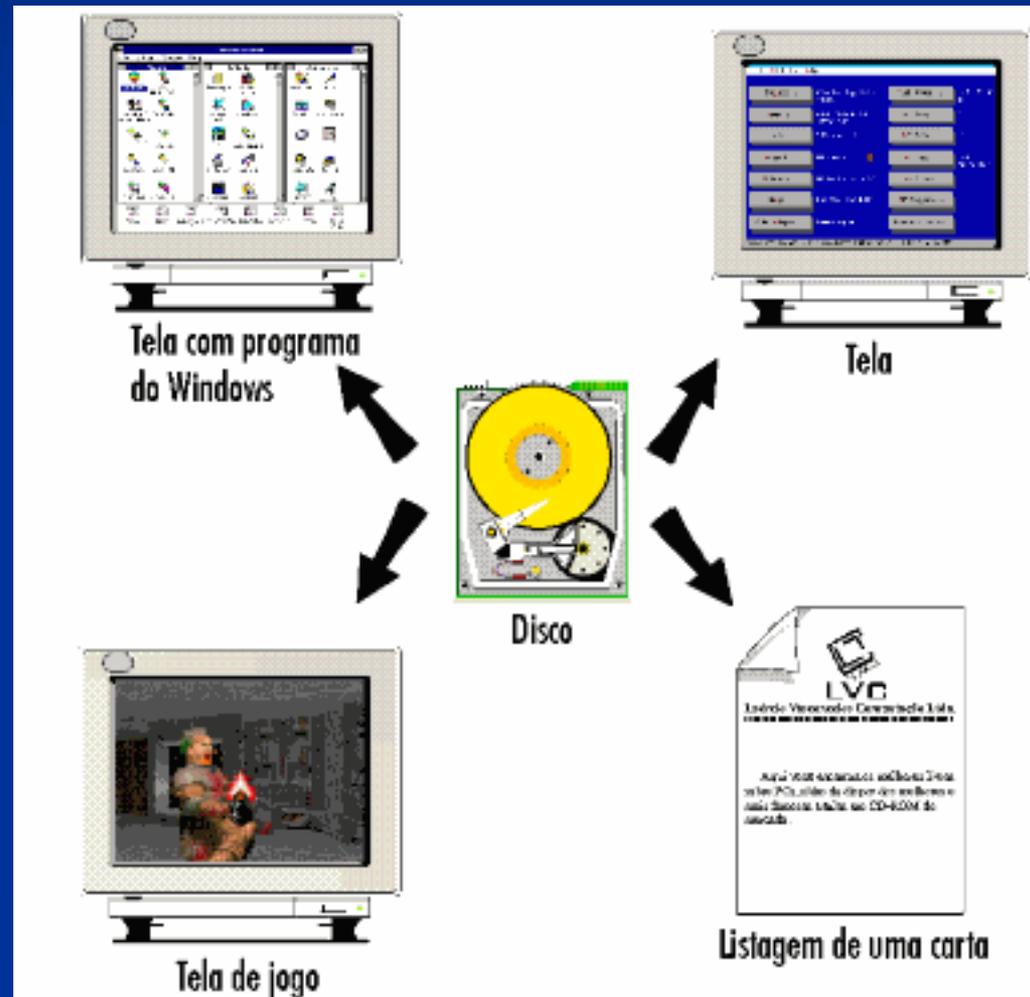
Por que a tecnologia de memória CACHE funciona?

- **Localidade de Referência:** significa que em um programa razoavelmente grande, apenas pequenas porções serão utilizadas com muita freqüência. Mesmo se o programa executável tiver 10 megabytes de tamanho, apenas poucos bytes dele são usados em um intervalo de tempo qualquer, e sua taxa de repetição é altíssima.
- **Localidade Temporal:** as posições de memórias uma vez acessadas tendem a ser novamente acessadas em curto espaço de tempo.(laços de instruções, acessos a pilhas,etc)
- **Localidade Espacial:** se um programa acessa uma posição de memória, há uma grande probabilidade que ele acesse uma palavra subsequente(organização sequencial do programa)

Memória Secundária: Arquivo

- 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



•1981: HD introduzido pela IBM nos PCs

•1990: fitas magnéticas, discos flexíveis,

Memória Secundária

- Devem ser não-voláteis (tipo ROM)
- Alta capacidade de armazenamento
- Baixo custo por byte
- Ex:
 - **Fita Magnética** : criada em 1956 pela IBM
 - **Disco Flexível (FD)**: em 1967 pela IBM
 - **Disco Rígido (HD)** :
 - - IBM em 1956 : RAMAC (Random Access Method of Accounting and Control)
 - - IBM em 1973 -: unidade móvel de disco (tecnologia winchester)
 - - Seagate em 1976 : 1.0 disco rígido para microcomputadores
 - **CD-ROM** : em 1983 pela Philips
 - **DVD**: em 1997 por um consórcio de empresas (Sony, Philips, Toshiba...)

Fita Magnética

- Acesso seqüencial ; um driver faz a leitura e gravação
- Bits são armazenados de acordo com a direção do campo magnético
- Armazenamento de 9 bits (1 byte mais um de paridade)
- Fita: tira de material plástico coberto com material magnético

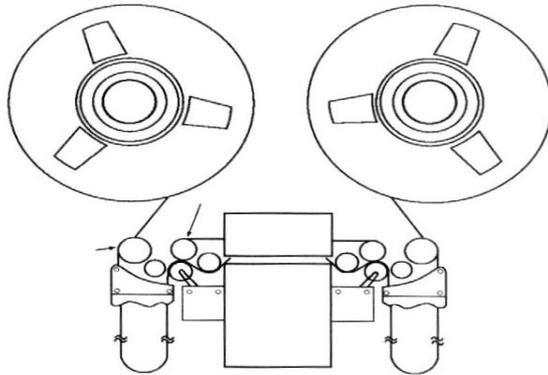


Figura 9.15 Mecanismo de transporte de uma unidade de fita magnética.



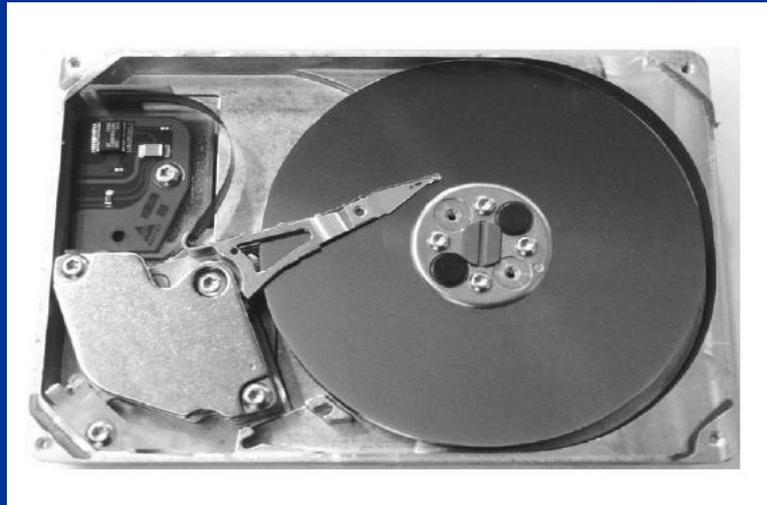
□ 1º dispositivo utilizado como memória permanente

Fita Magnética (cont.)

- Os bits são gravados como campos magnéticos: em um sentido o bit "0" no outro o bit "1".
- Os campos são gerados pela passagem de corrente elétrica em uma bobina existente na cabeça de gravação.
- Os dados são gravados em trilhas que variam de 1 a 9 (hoje só são fabricadas as com 9 trilhas)
- Armazenamento de 9 bits (1 byte mais um de paridade)
- Cada caracter é armazenado verticalmente.
- O conjunto de bits de uma coluna é conhecido como quadro ou frame
- O espaçamento entre colunas é o mesmo entre bits e é o que define o desempenho da unidade da fita (densidade).
- Densidade: 30 000 bpi (bytes/polegada)
- Foi utilizada como armazenamento "off-line" (back-up), sendo hj substituída por HD-DVD

Discos Rígidos(Hard Disc-HD)

- 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
- Cada lado do prato é organizado em áreas circulares concêntricas (**trilhas**) as quais armazenam a mesma quantidade de dados com densidades diferentes
- Trilhas são divididas em partes menores denominadas **setores**
- Os discos são montados em uma pilha e giram a uma rotação constante (3600 a 7200 rpm)



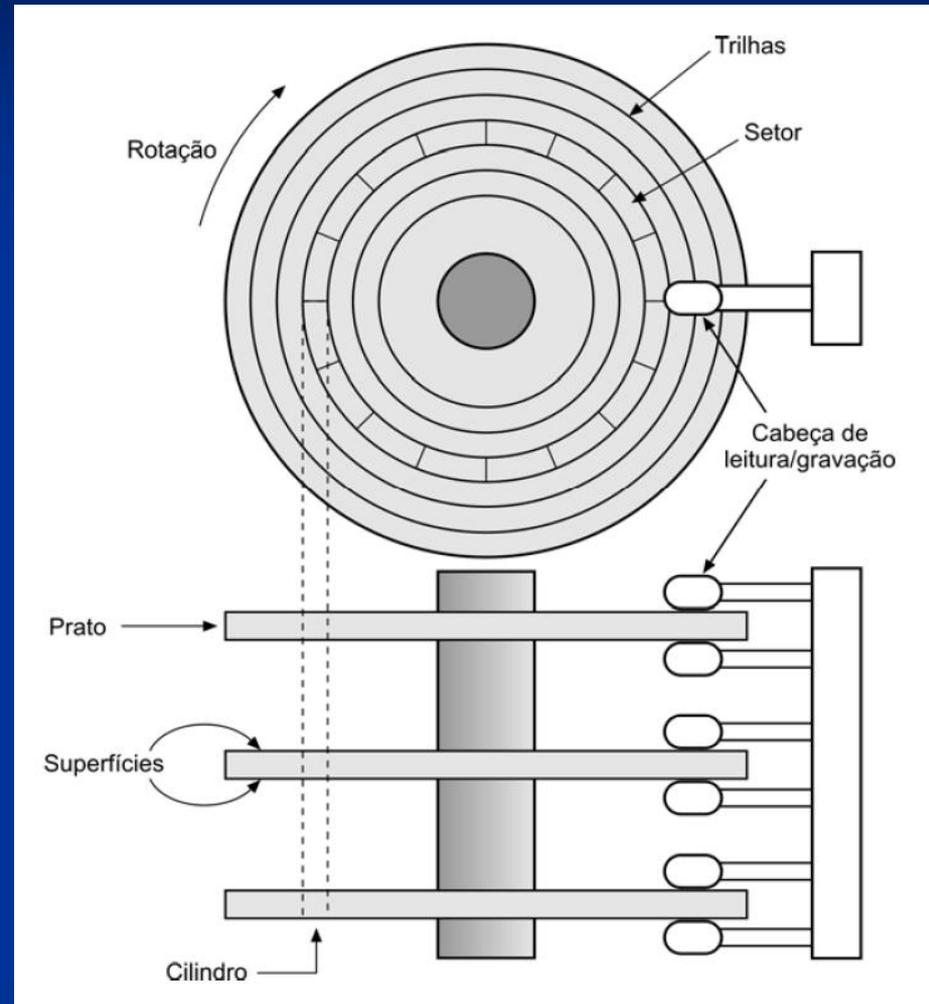
Discos Rígidos

- Dispositivos especiais de leitura/escrita – cabeçotes ➔ usados para escrever ou ler informações no/do disco
 - cada prato contém duas superfícies (um na parte superior do prato e outro na parte inferior)
 - todos os cabeçotes são presos a um único braço atuador que controla sua posição nos pratos
- O cabeçote de leitura/gravação não encosta no disco (fica à poucos milímetros)
- Capacidade :centenas de GB
- taxa de transferência de 320 MB/s.

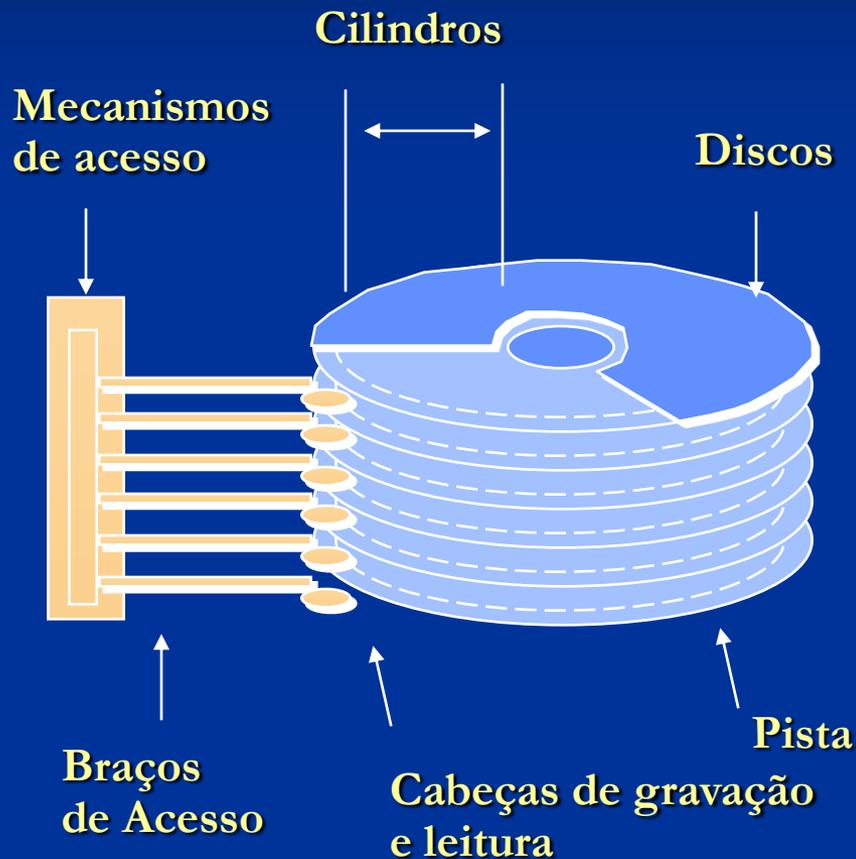


Discos Rígidos

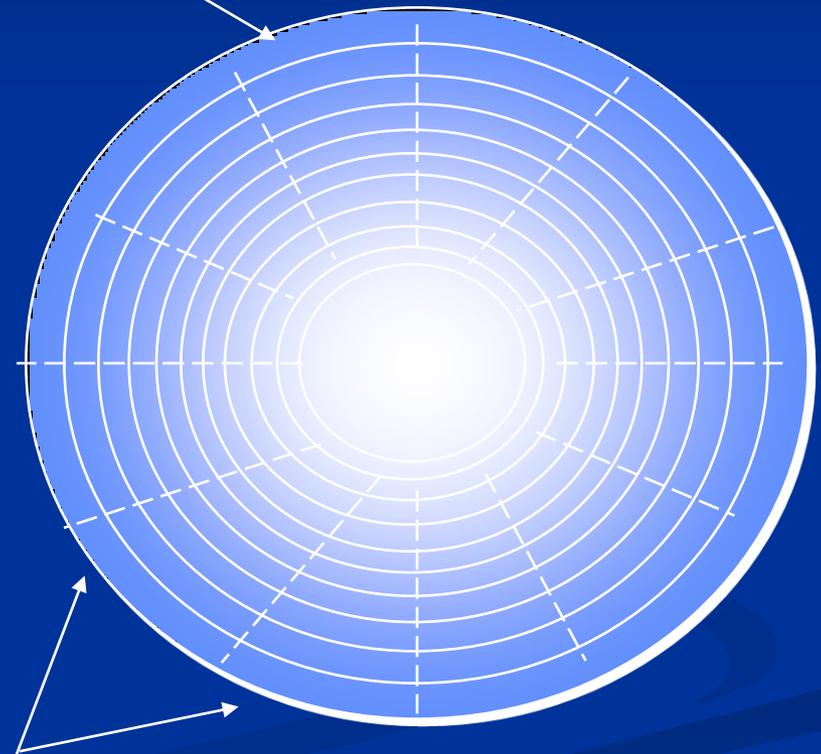
- Dados são organizados no disco em **trilhas** e **setores** (512 bytes armazenados por setor)
- “Clusters” são conjunto de setores
- Todos os braços dos cabeçotes de leitura/escrita se movimentam em conjunto
- Se um dado está gravado em várias trilhas da superfície de um único disco a leitura é mais lenta do que se ele estivesse gravado em vários discos mas em trilhas de mesma posição → menos movimento mecânico do cabeçote → organização em **cilindros**



Características dos Discos Magnéticos



Pistas: Círculos concêntricos para armazenagem de dados na forma de bits magnéticos.



Setores:
Partes de uma pista

Discos Rígidos

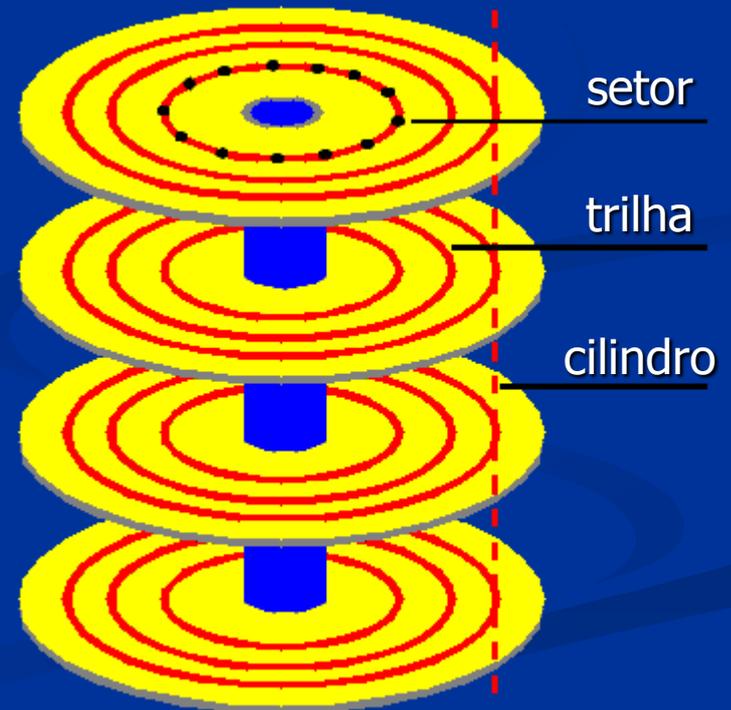
- Dados são organizados no disco em **cilindros, trilhas e setores**

- Áreas circulares concêntricas de mesma capacidade de armazenamento
- Diferentes densidades de armazenamento, já que as trilhas têm tamanhos diferentes
- divididas em setores

Conjunto de trilhas que tem a mesma posição relativa ao braço de cabeçote
Ex: cilindro 23 é constituído de trilhas com endereço 23

Cada um tem o tamanho de 512 bytes

Atualmente: armazenamento do bit é em campos magnéticos horizontais
Densidade de 250 a 500 Gbits por centímetro quadrado



Discos Rígidos

Controladoras

- Circuito de comunicação disco rígido – CPU (integrado na placa-mãe).
- Ex. Placa IDE (*Intelligent Drive Electronics*) – controladora muito usada

Operação de leitura de um dado

- ➔ controladora de disco interpreta o endereço do dado e o transforma em uma informação do tipo “cilindro, trilha e setor”
- ➔ move os cabeçotes para o cilindro que contém os dados
- ➔ ativa cabeçote específico para ler trilha que contém o dado
- ➔ coordena o fluxo de informação vinda do disco rígido para uma área de armazenamento temporária
- ➔ envia a informação pela interface do disco rígido

Discos Rígidos: HD externo

São discos rígidos portáteis conectáveis ao computador somente quando necessário através de:

portas USB, FireWire (interface da Apple: tb conhecida como i.Link, IEEE 1394 ou High Performance Serial Bus/HPSB) e até **SATA externo** (conector que mantém a mesma velocidade de transmissão), dependendo do modelo do HD.

Obs: pode-se encontrar no mercado *cases* que permitem ao usuário montar o seu próprio HD externo: trata-se de um equipamento que possibilita a conexão de um HD "convencional", fazendo com que este funcione como um HD externo. O usuário precisa apenas adquirir um HD compatível com o *case*, que utilize a interface correta e as dimensões correspondentes.

RAID Disk

(Redundant Array of Independent Disk)

Conceito surgiu no final da década de 1980 → Solução para a necessidade de aumentar a capacidade de armazenamento secundária com confiabilidade e rapidez de transferência de dados com a área de armazenamento secundária

- Várias HDs independentes que armazenam a mesma informação
- Redundância
- Aumenta a confiabilidade do dado e diminui a taxa de transferência (paralelismo)
- Operam com grande volume de dados os quais exigem baixo tempo de transferência
- Dividir o mesmo volume de dados em mais de um disco usando discos paralelos como se fosse um só, reduzindo o tempo de transferência

Floppy Disk

- Surgiu na década de 1960
- Utiliza o mesmo princípio de funcionamento dos HDs, mas com apenas 1 disco e de 1 ou duas superfícies;
- Baixa capacidade de armazenamento, tempo de leitura/escrita bastante lentos (taxa de transferência do floppy disk Kbytes/s e dos HDs Mbytes/s)
- Baixo custo e portabilidade
- Estão sendo substituídos pelos CDs

Meios de armazenamento com tecnologia ótica:

- Compact-Disk (CD)
- Lançado em 1983 para uso em áudio
- Elevada confiabilidade
- Alta capacidade de armazenamento (650 Mb a 750 Mb)
- Baixo custo(qdo produzido em grande volume)
- Acesso individual aos dados (não seqüencial)
- Diferentes tipos surgiram para utilização em softwares, jogos, vídeo e som em computadores:

CD-ROM

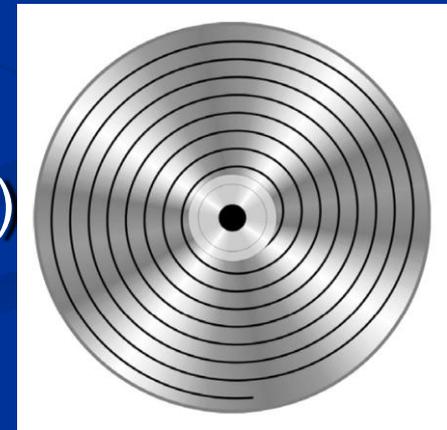
CD-R

CD-RW



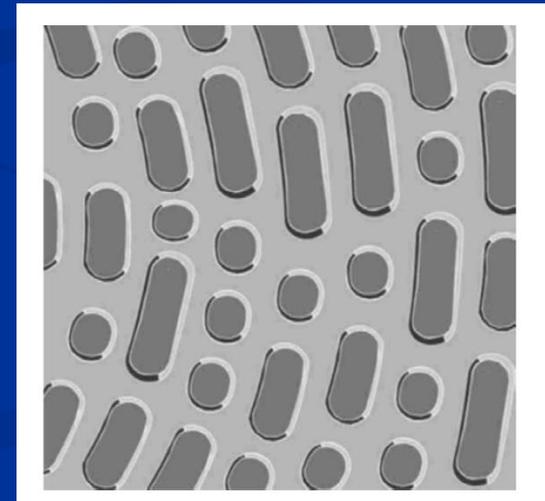
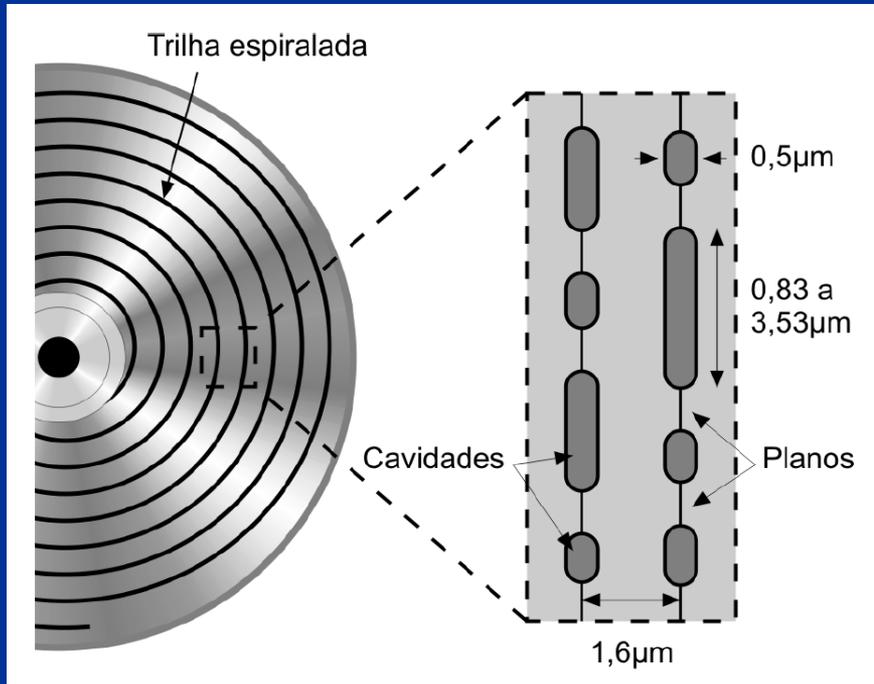
CD-ROM

- 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
- Apenas uma **trilha em espiral** iniciada em ponto próximo ao centro do disco
- Mesma densidade de armazenamento
- Velocidades de rotação desigual (maior na área interna e menor na externa)
- Acesso individual aos dados (não seqüencial)
- Tempo de acesso reduzido comparado às fitas magnéticas



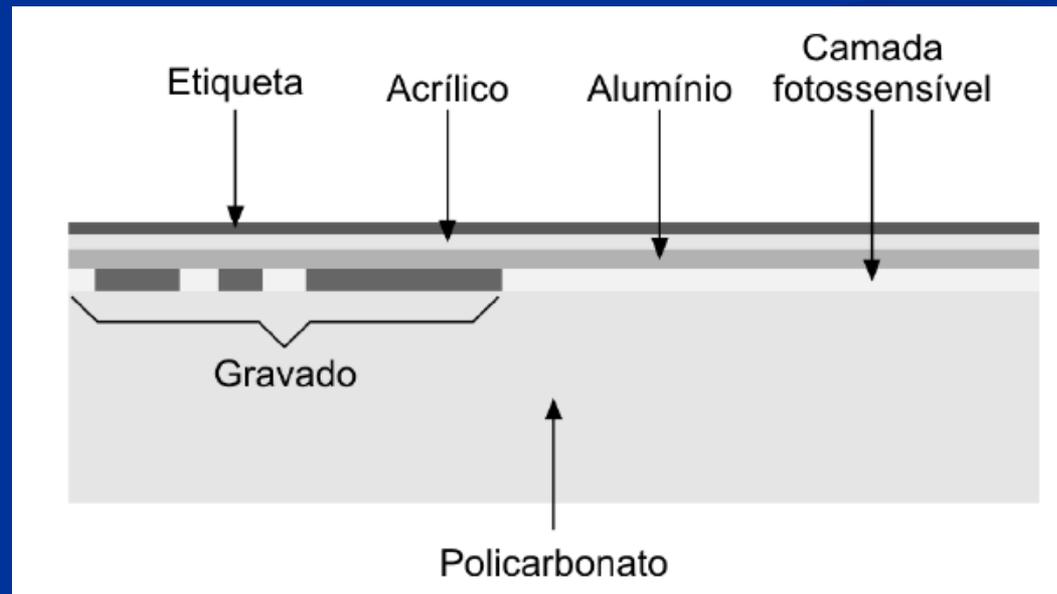
CD-ROM

- Marcação é feita por pequenas cavidades ($0,5\ \mu\text{m}$) → 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.



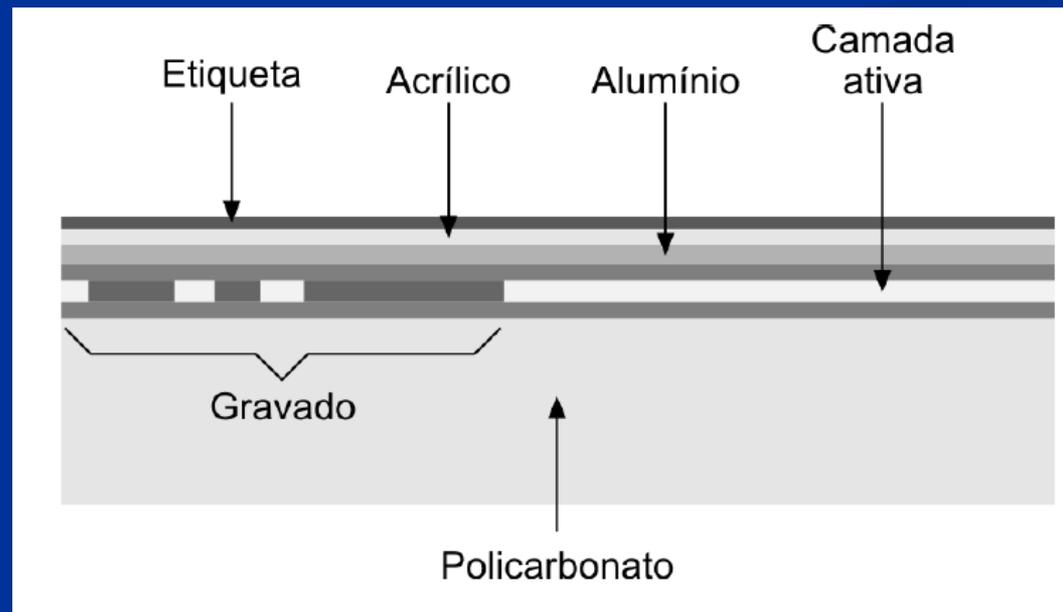
CD-R

- Difere do CD-ROM por ter uma camada refletora plana de alumínio com camada adicional ativa, constituída de corante fotossensível
- A gravação é feita pela “queima” do material fotossensível e transparente, tornando-o opaco, utilizando um laser de com feixe de alta intensidade.
- A leitura é feita por um feixe de laser de baixa intensidade, percorrendo as regiões opacas e translúcidas produzindo reflexões ou não.



CD-RW

- Colocação de uma camada de um material que pode ser transparente ou opaco, de acordo com a intensidade do laser de marcação, que altera suas propriedades químicas.
- Feixe de alta intensidade → opaco (gravação)
- Feixe de média intensidade → transparente (apagamento)
- Feixe de baixa intensidade → leitura
- Podem ser gravados e regravados diversas vezes, mas menos vezes do que os HDs



DVD

- Digital Video Disk
- Mesma tecnologia óptica do CD, mas com setores de marcação de tamanho menor → aumentar a capacidade
- Podem ter duas camadas de marcação na mesma superfície, que são lidas separadamente pela variação da inclinação e da intensidade do feixe laser
- DVD de 8" e 12" capacidade de 17GB

Tipo de DVD	Nome
Um lado, uma camada	DVD-5
Um lado, duas camadas	DVD-9
Dois lados, uma camada	DVD-10
Dois lados, duas camadas	DVD-18

FIM