Memórias

Circuitos Lógicos

DCC-IM/UFRJ

Prof. Gabriel P. Silva

Memórias

- As memórias são componentes utilizados para armazenar dados e instruções em um sistema computacional.
- As memórias podem apresentar propriedades distintas, de acordo com a tecnologia com que são fabricadas.
- São utilizadas em aplicações diferentes, de acordo com a velocidade de leitura e escrita dos dados, capacidade de armazenamento, volatilidade da informação, consumo, etc.
- Iremos ver a seguir algumas classificações possíveis para as memórias de estado sólido.

Classificação das Memórias

- Memórias Voláteis
  - As memórias voláteis são aquelas que mantém o seu conteúdo apenas enquanto há alimentação elétrica. Uma vez que a alimentação é desligada, o conteúdo se perde.
- Memórias Não Voláteis
  - São aquelas em que a informação é preservada mesmo após a perda da alimentação elétrica. Quando a alimentação é restabelecida, os dados podem ser novamente lidos sem nenhuma alteração no seu conteúdo.

Classificação das Memórias

- As memórias voláteis se dividem em duas grandes categorias:
  - Memórias de Acesso Aleatório:
    - Os dados podem ser lidos ou escritos sem uma ordem pré-estabelecida. Pertencem a esta categoria as memórias estáticas e dinâmicas.
  - Memórias de Acesso Seqüencial:
    - Os dados podem ser lidos e escritos apenas em uma determinada seqüência. As memórias FIFO e os registradores de deslocamento são alguns exemplos.

Memórias Estáticas e Dinâmicas

- As memórias voláteis de acesso aleatório (RAM) podem ser estáticas ou dinâmicas dependendo da tecnologia com que são fabricadas.
  - As memórias dinâmicas recebem este nome porque necessitam ter a sua informação periodicamente atualizada, isto é, lidas e novamente escritas sob o risco dos dados serem perdidos.
  - As memórias estáticas não precisam deste tipo de operação, preservando a informação enquanto houver alimentação.

Classificação das Memórias

- As memória não voláteis podem ser de leitura/escrita ou apenas de leitura. Esta classificação se deve ao fato de que originalmente as memórias não voláteis eram apenas de leitura.
- Até hoje há uma certa confusão entre memórias apenas de leitura – ROM – e memórias não voláteis, aparecendo uma como equivalente da outra, embora isto não seja correto.

Memórias Não Voláteis

- As memórias não voláteis mais recentes podem ser lidas e escritas, e podem preservar o conteúdo armazenado mesmo quando não perdem a alimentação elétrica.
- Com exemplo de memórias não voláteis de leitura/escrita temos as memórias FLASH que são utilizadas em dispositivos com “pendrives” e cartões de memória.

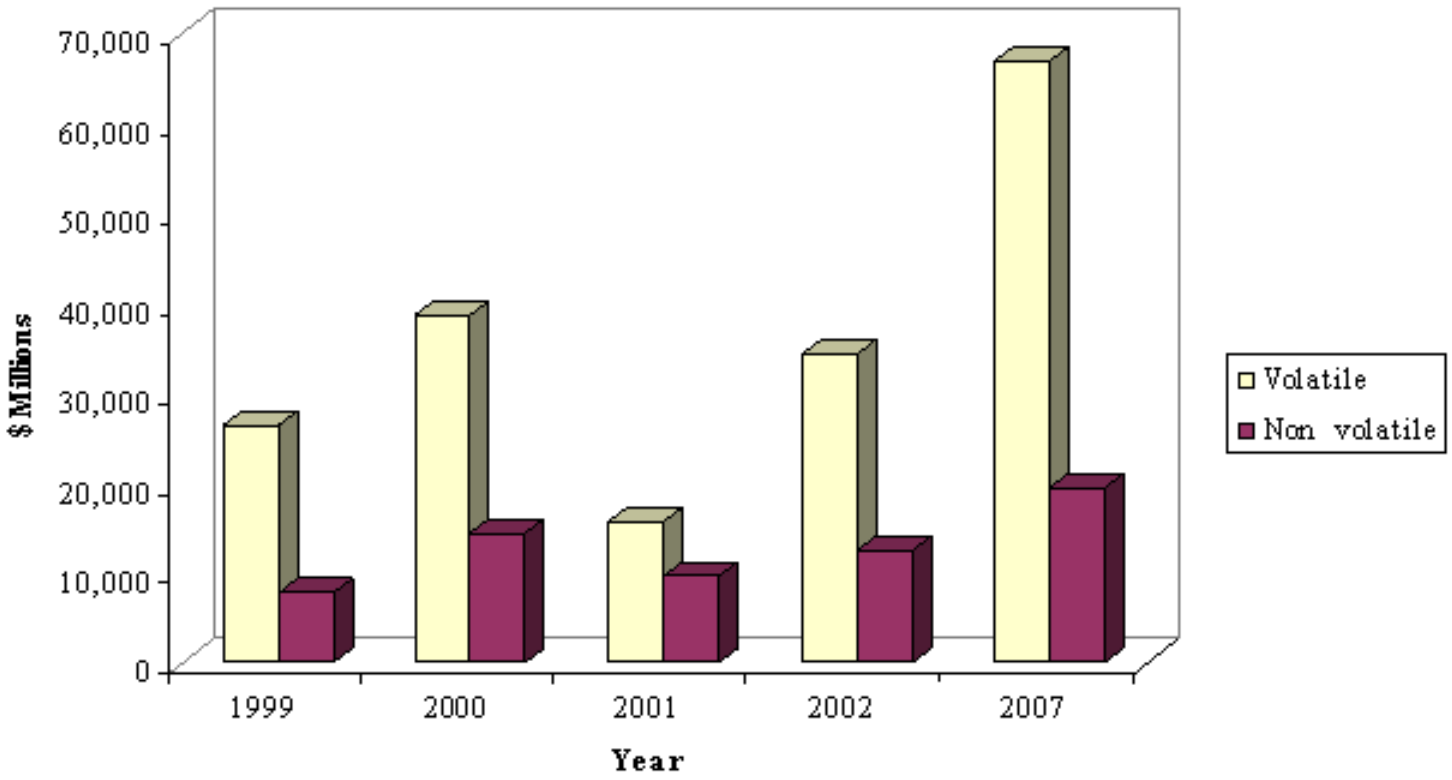
Classificação das Memórias

- Memórias Voláteis
  - Acesso Aleatório
    - Memórias Estáticas e Dinâmicas
  - Acesso Seqüencial
    - LIFO, FIFO, Registrador de Deslocamento, CAM
- Memórias Não Voláteis
  - Leitura/Escrita
    - EPROM, E^2PROM, FLASH
  - Apenas Leitura
    - Programável por Máscara
    - Programável (PROM)

Classificação das Memórias

RWM		NVRWM	ROM
Random Access	**Non-Random Access**	EPROM E^2PROM FLASH	Mask-Programmed Programmable (PROM)
SRAM DRAM	FIFO LIFO Shift Register CAM		

Mercado de Memórias



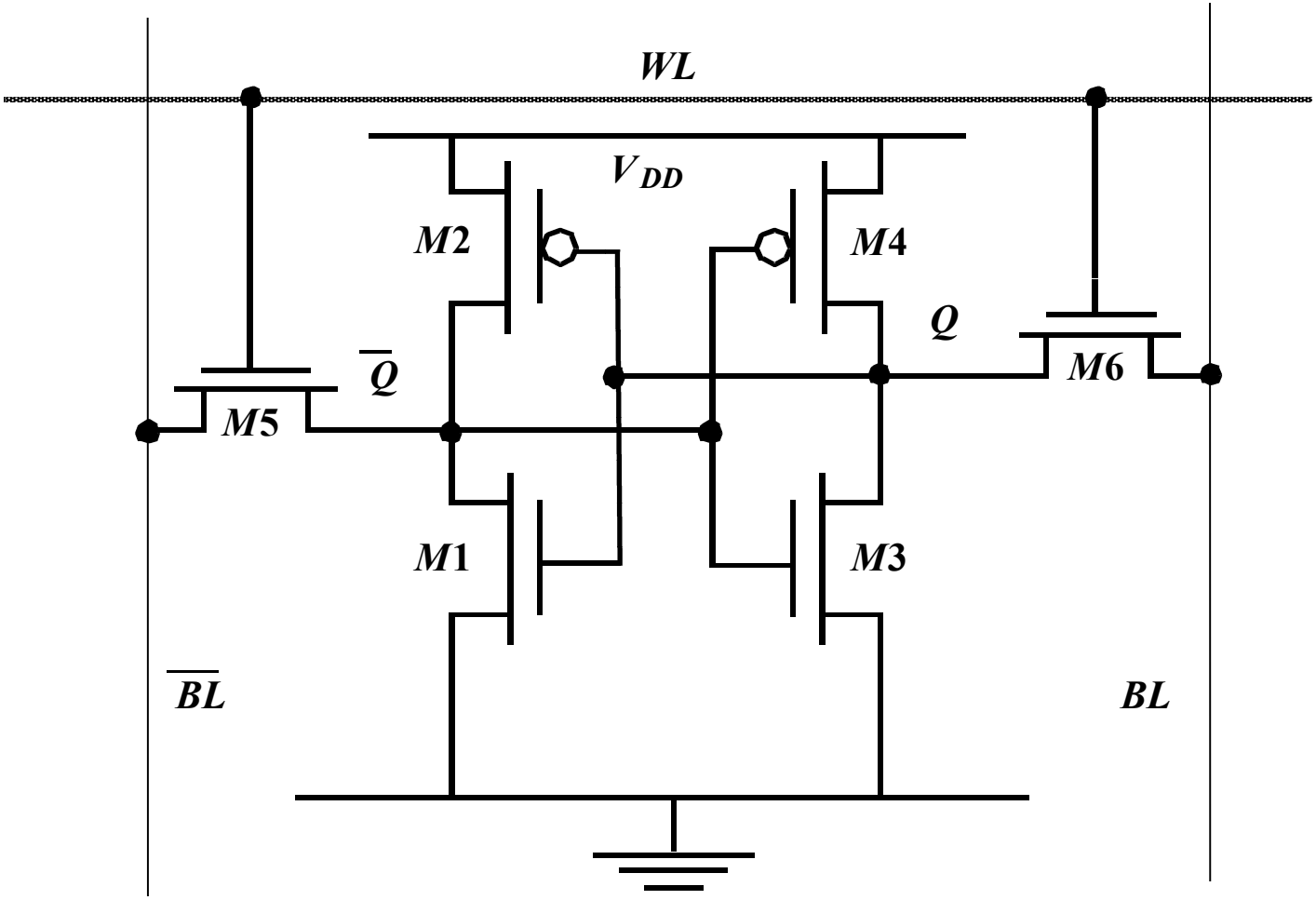
Memórias Estáticas (SRAM)

- Vantagens:
  - Os dados permanecem armazenados enquanto houver alimentação;
  - São mais rápidas;
- Desvantagens:
  - As células de memória são maiores, com cerca de 6 transistores;
  - O consumo de energia é maior;
  - A capacidade de armazenamento é menor.
- São utilizadas na memórias caches dos processadores.

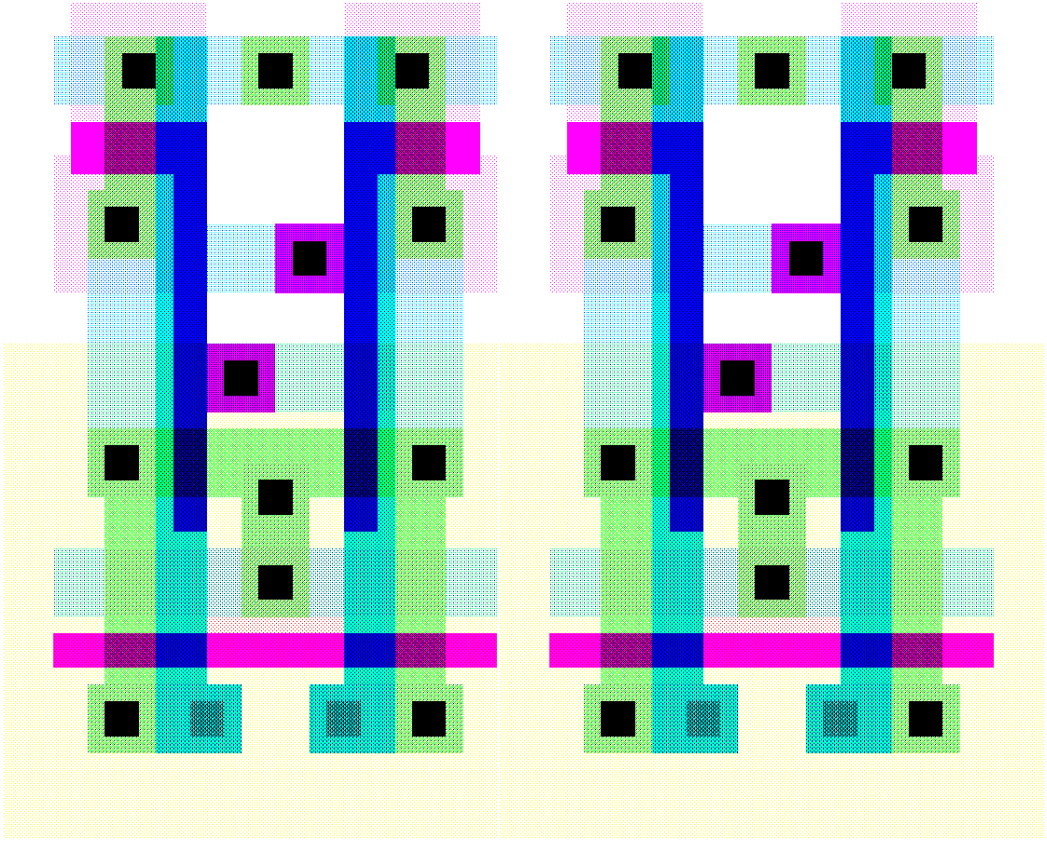
Memórias Dinâmicas (DRAM)

- Vantagens:
  - As células de memória são menores, com apenas um transistor e um capacitor;
  - O consumo de energia é menor;
  - A capacidade de armazenamento é maior.
- Desvantagens:
  - A atualização periódica dos dados é necessária;
  - O ciclo de leitura é maior que o de escrita;
  - São mais lentas que as estáticas.
- São utilizadas na memória principal dos computadores.

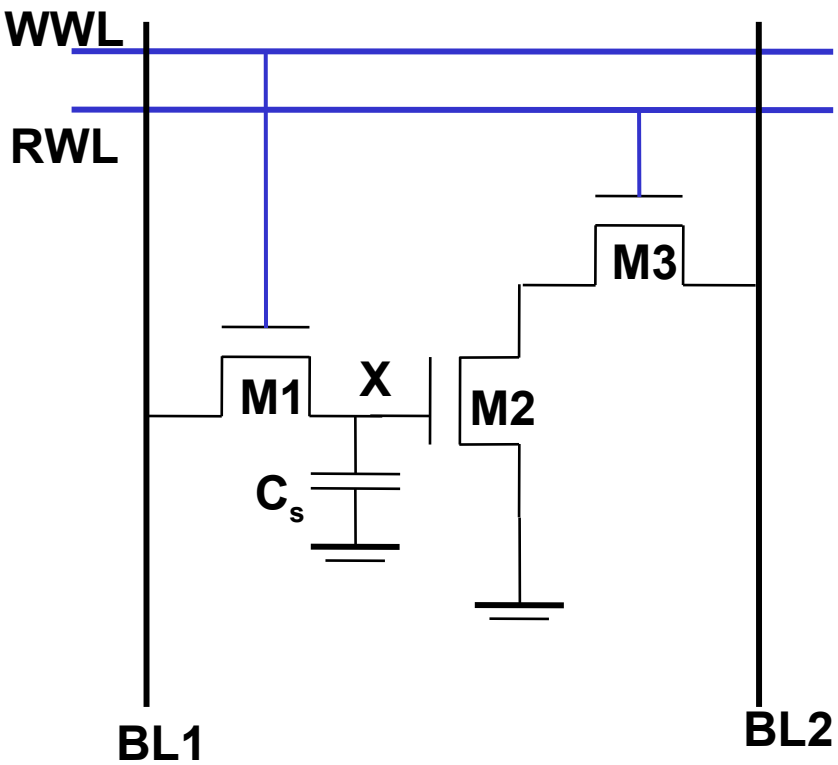
Célula de Memória Estática

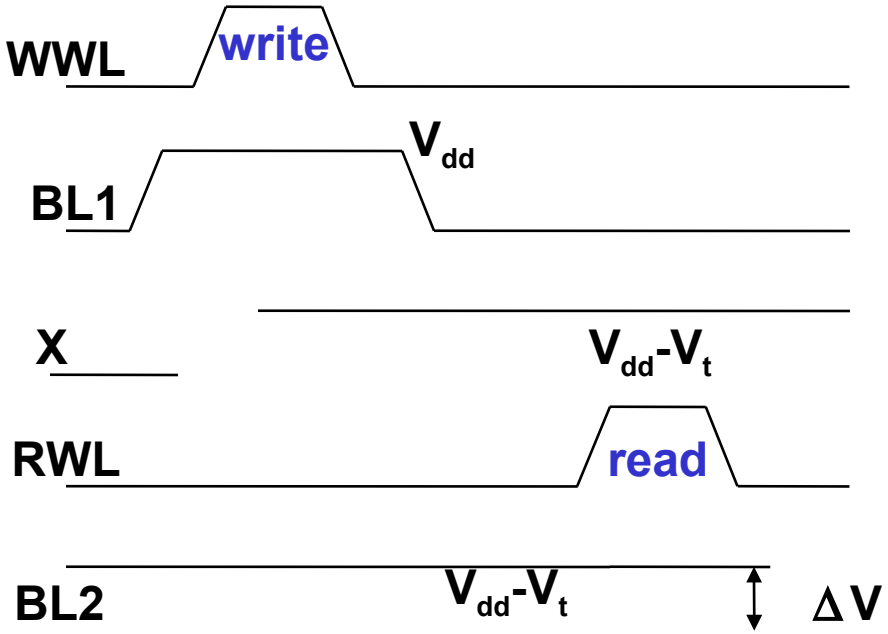


Layout de Célula de Memória Estática



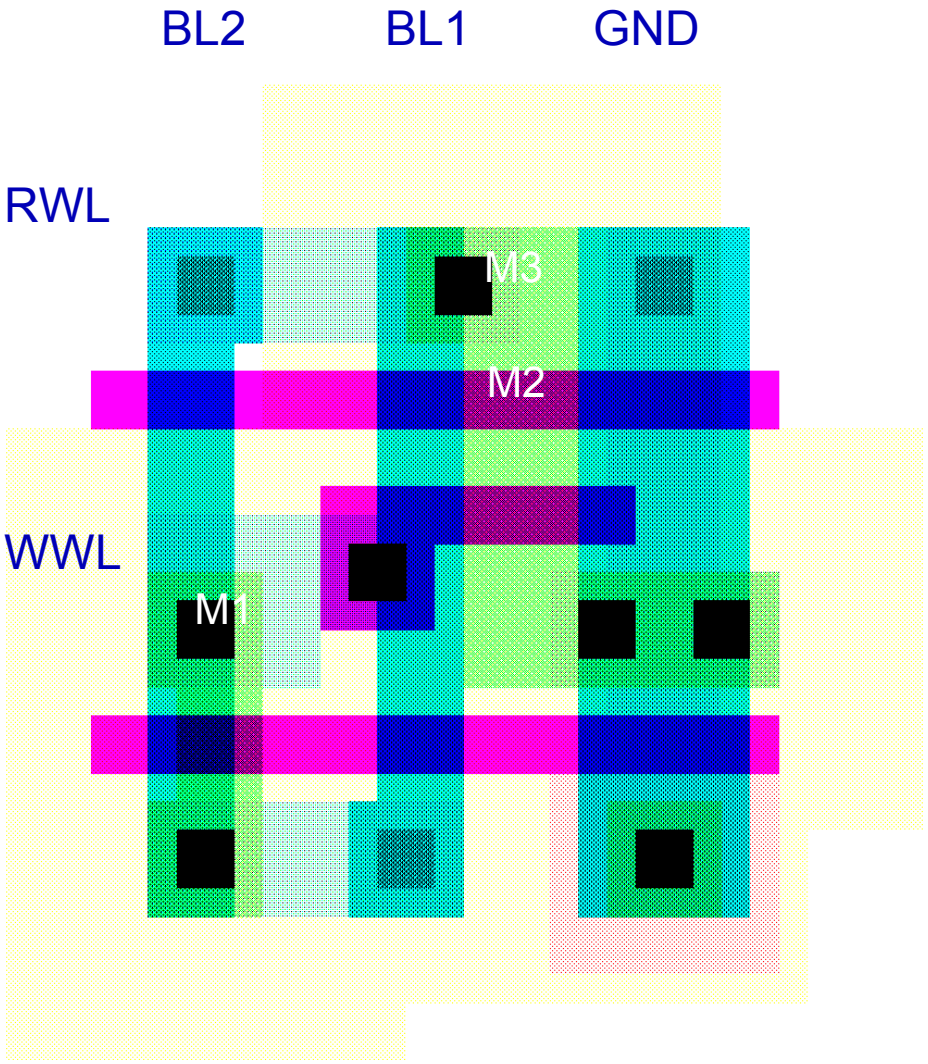
Célula DRAM com 3 transistores



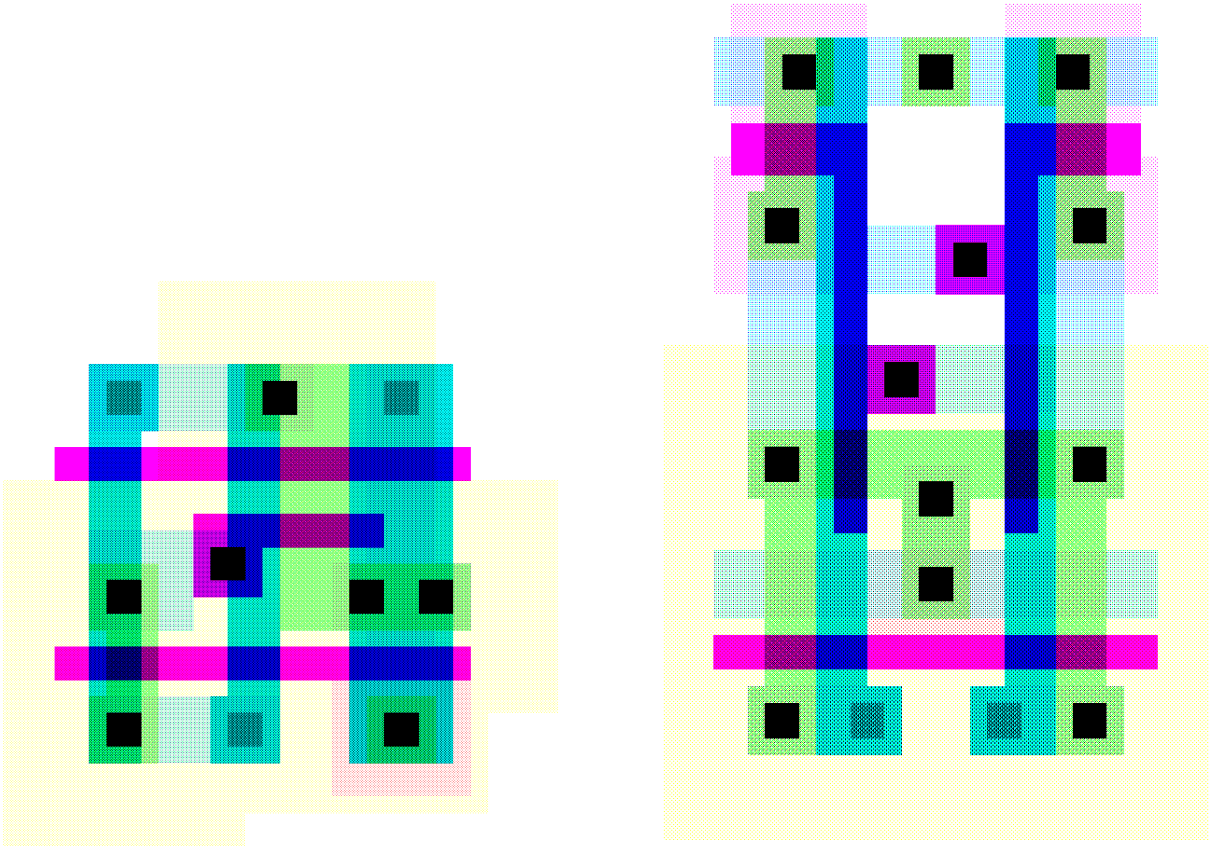


As leituras não são destrutivas

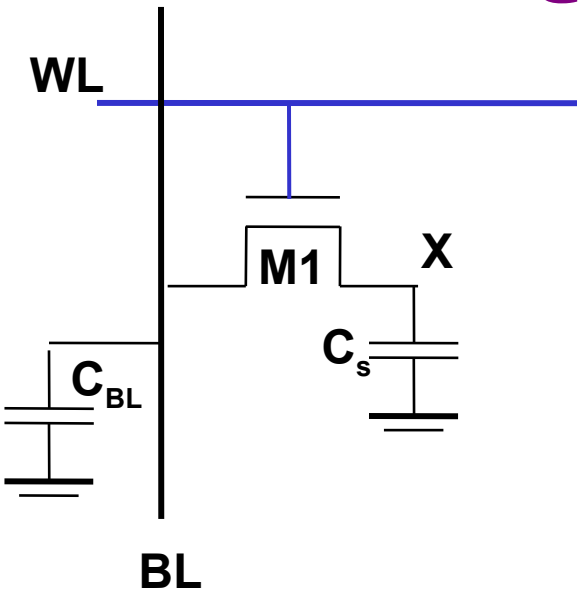
Layout Célula DRAM com 3T

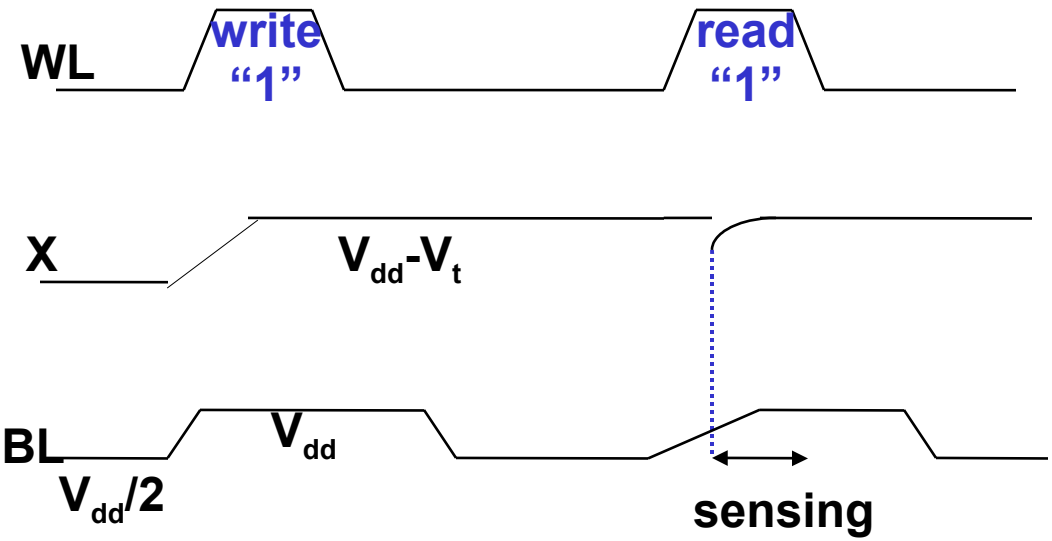


Comparação de Layout



Célula D-RAM com 1 transistor

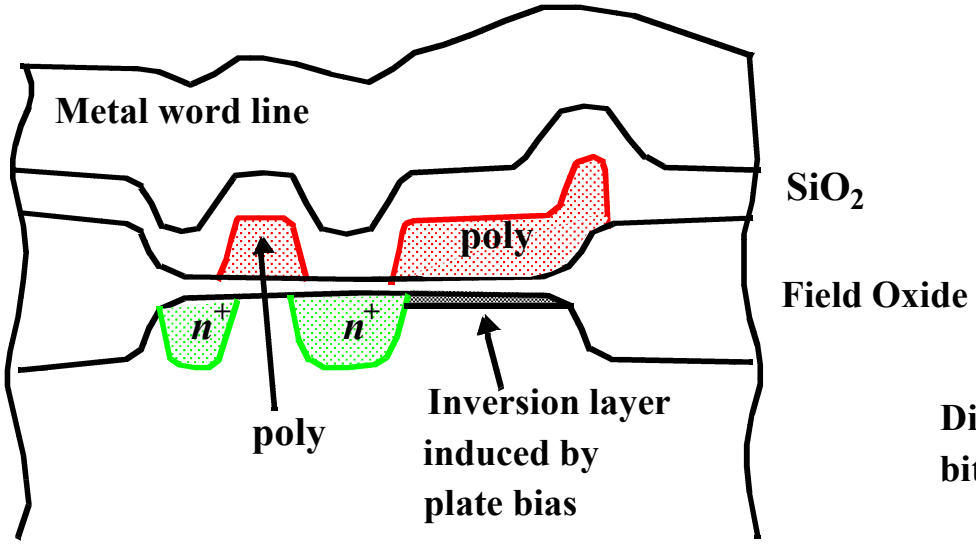




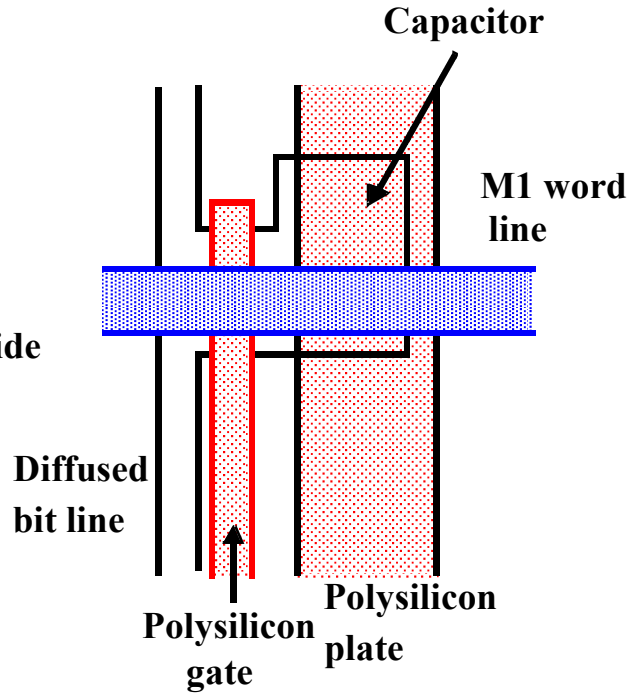
Escrita: C_s é carregado (ou descarregado) ativando WL e BL
Leitura: redistribuição de cargas ocorre entre C_{BL} e C_s

A leitura é destrutiva, deve haver atualização após a leitura

Célula DRAM 1T



(a) Corte Transversal

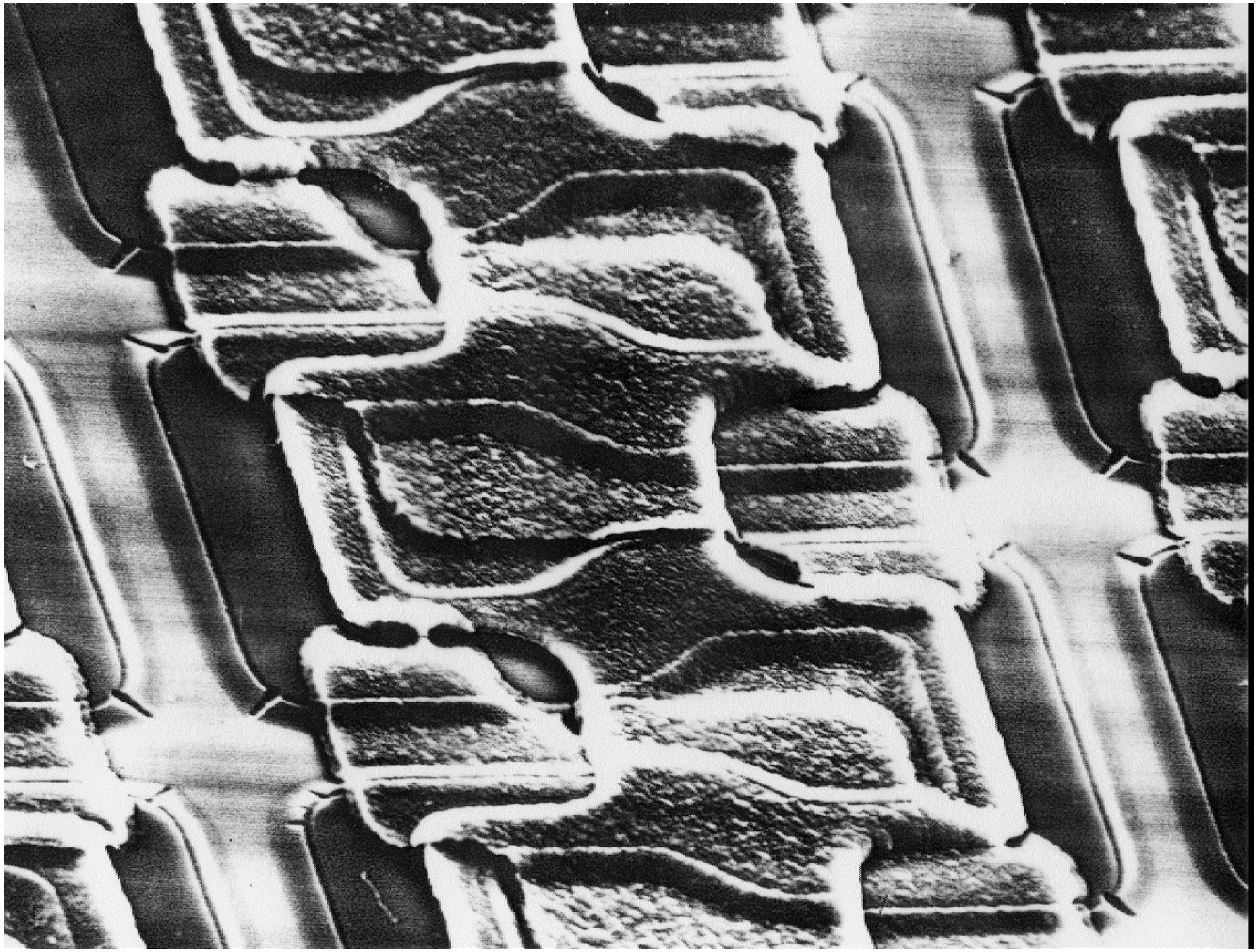


(b) Layout

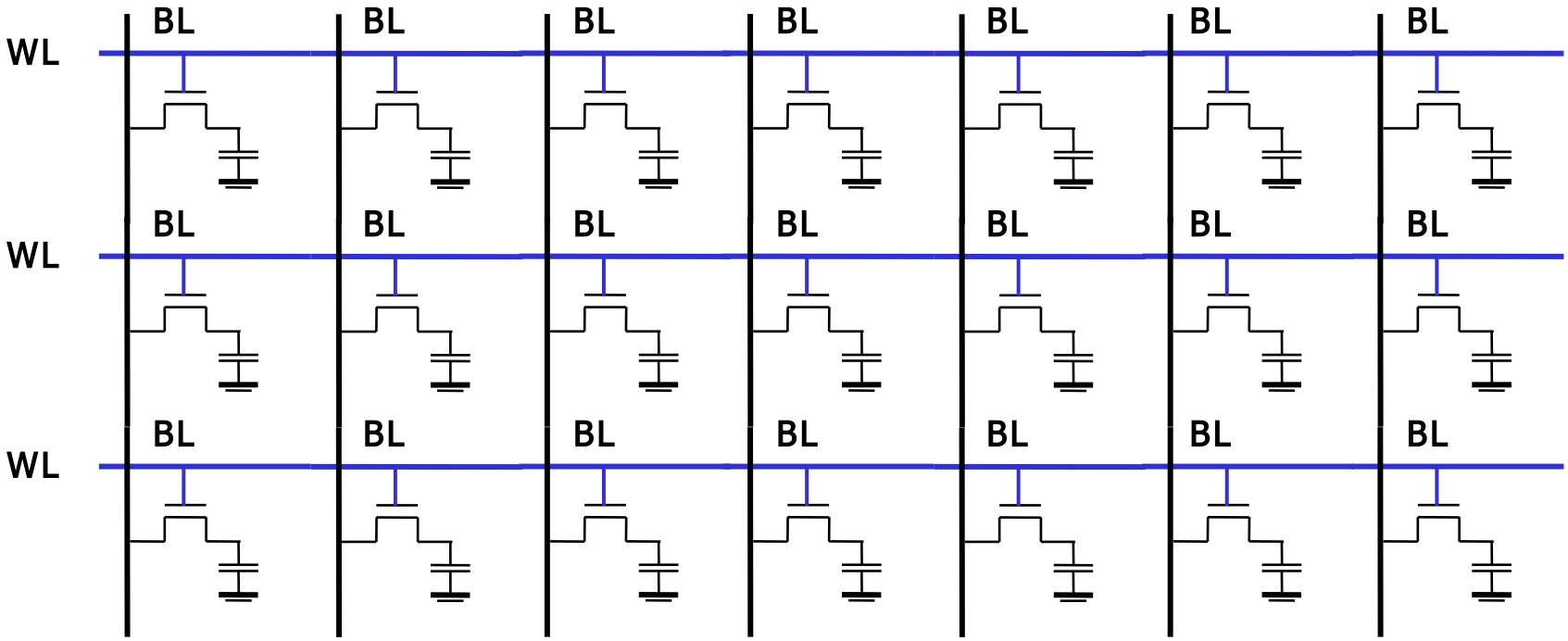
Capacitância com Polisilicio-Difusão

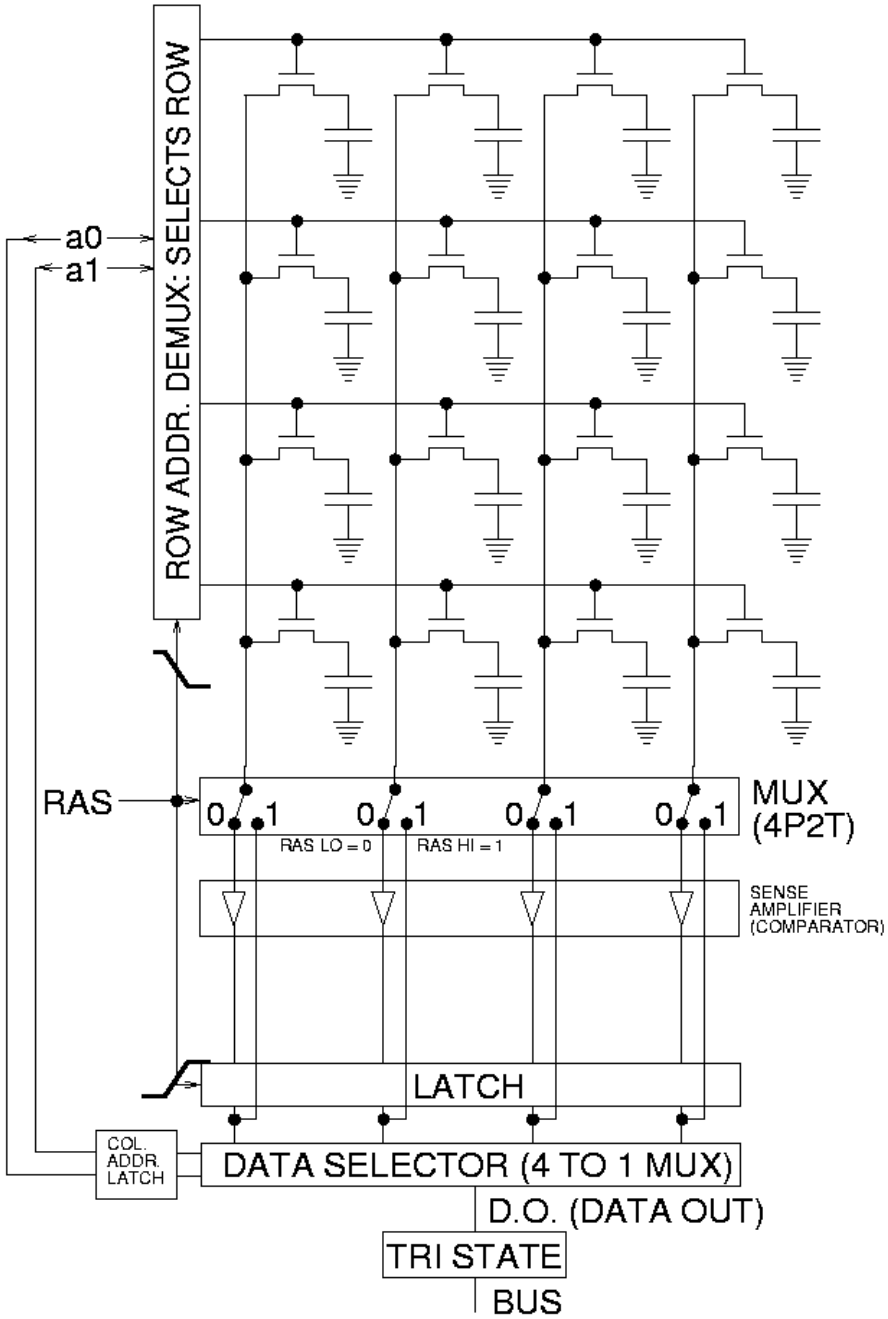
Caro em Área

Foto da Célula DRAM 1T



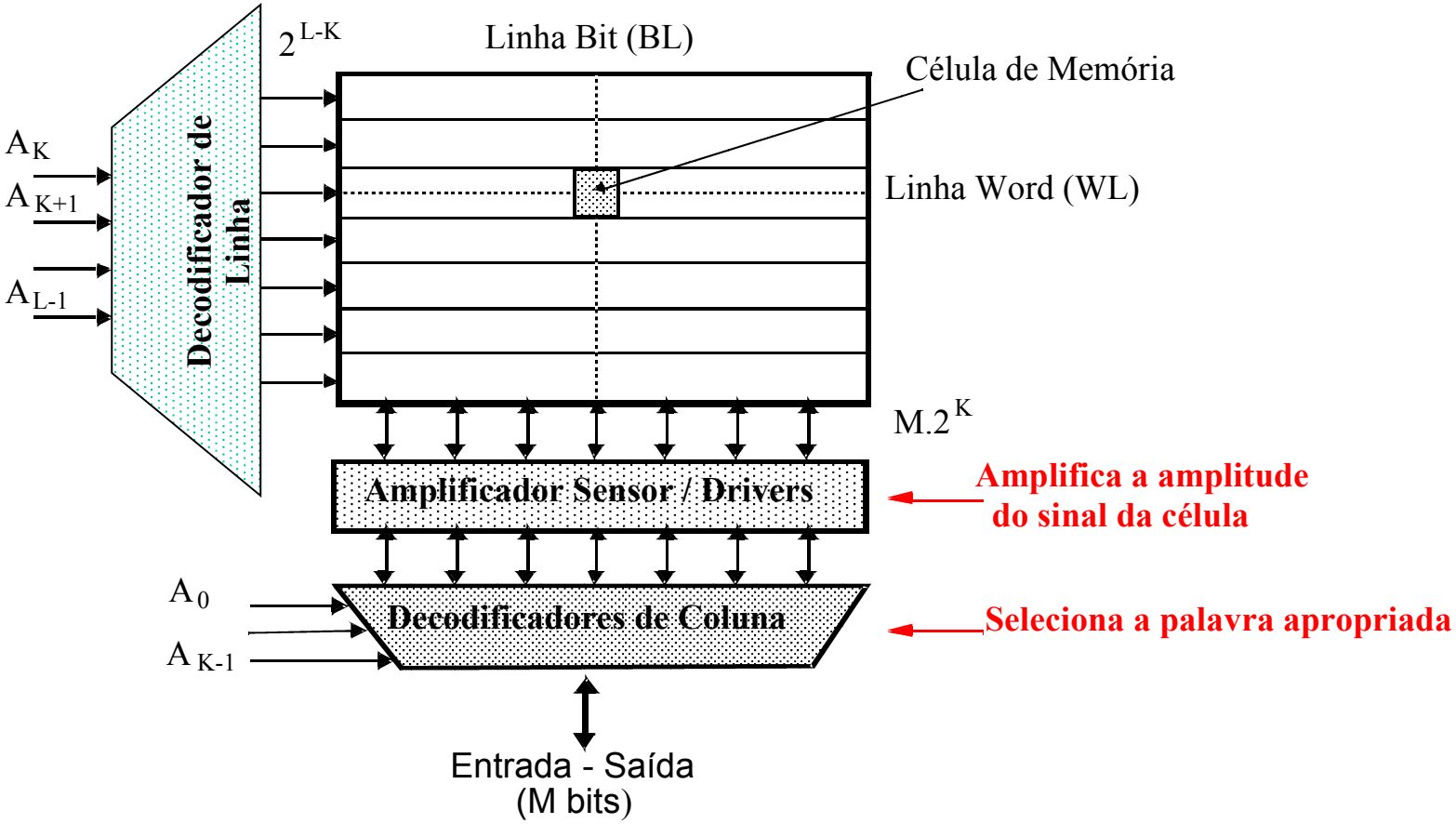
Matriz de Memória



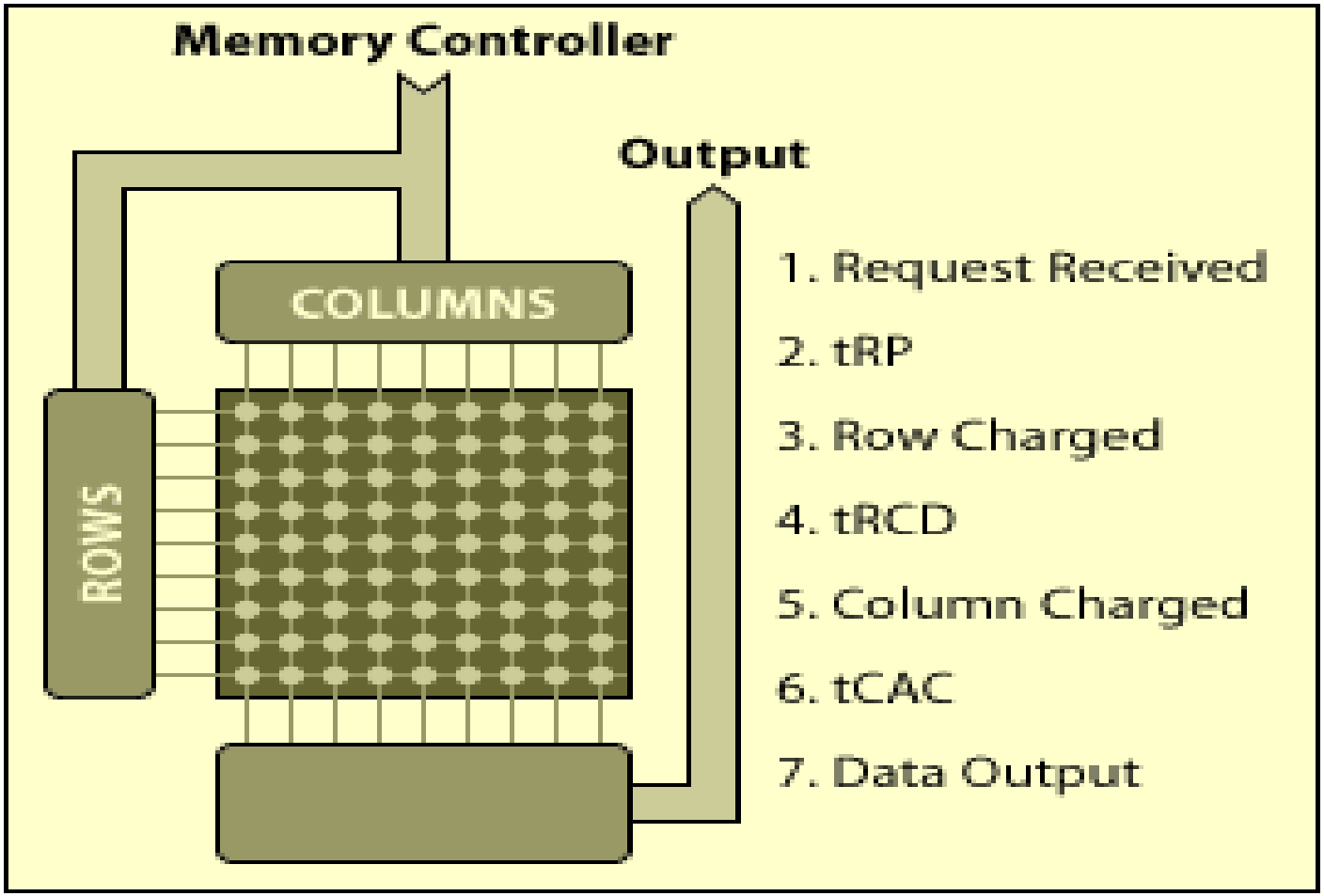

ROW ADDR. DEMUX: SELECTS ROW
a0
a1
RAS
0
1
0
1
0
1
0
1
MUX
(4P2T)
RAS LO = 0
RAS HI = 1
SENSE
AMPLIFIER
(COMPARATOR)
LATCH
COL.
ADDR.
LATCH
DATA SELECTOR (4 TO 1 MUX)
D.O. (DATA OUT)
TRI STATE
BUS

Matriz de Memória

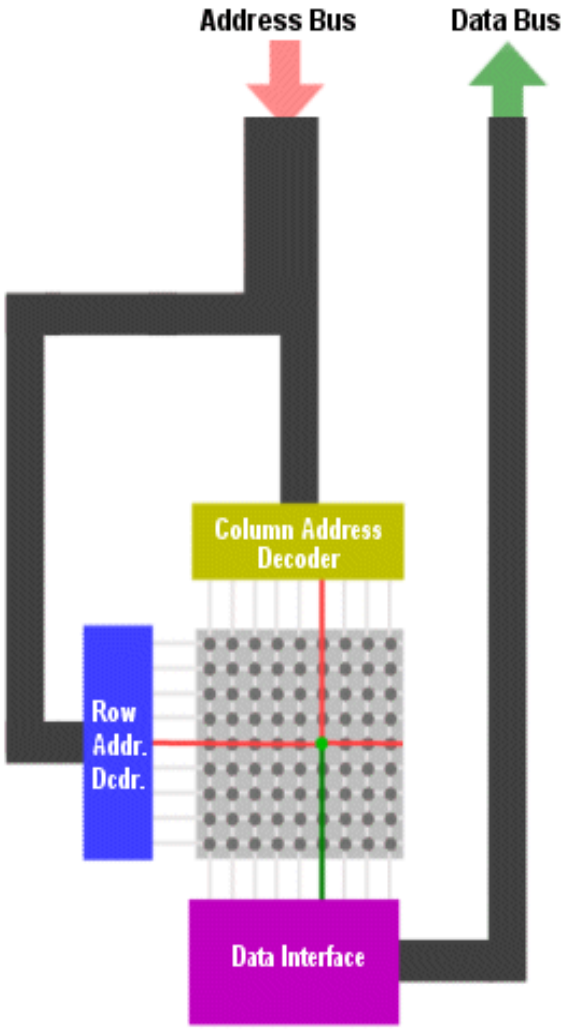
Problema: FATOR DE FORMA ou ALTURA >> LARGURA



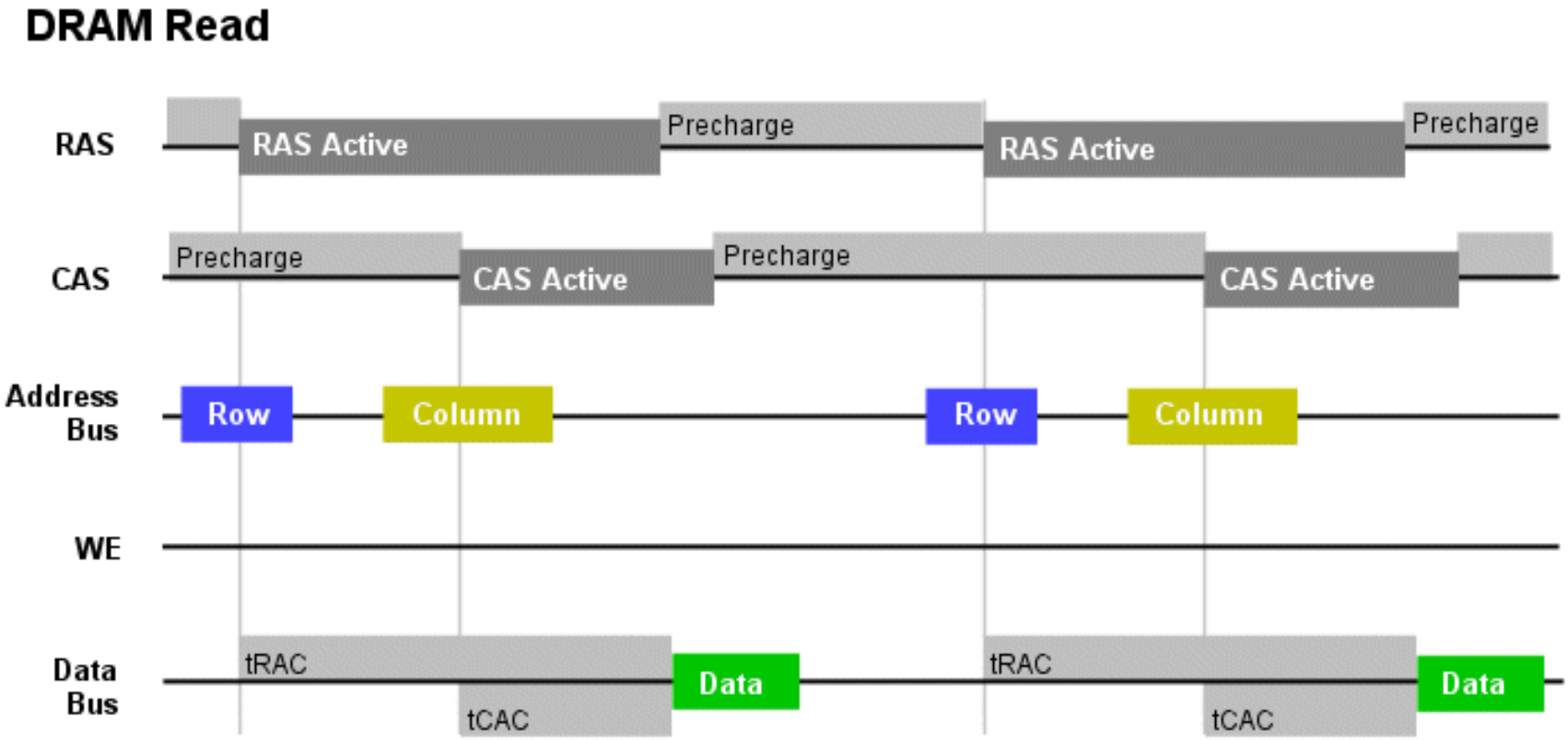
Matriz de Memória



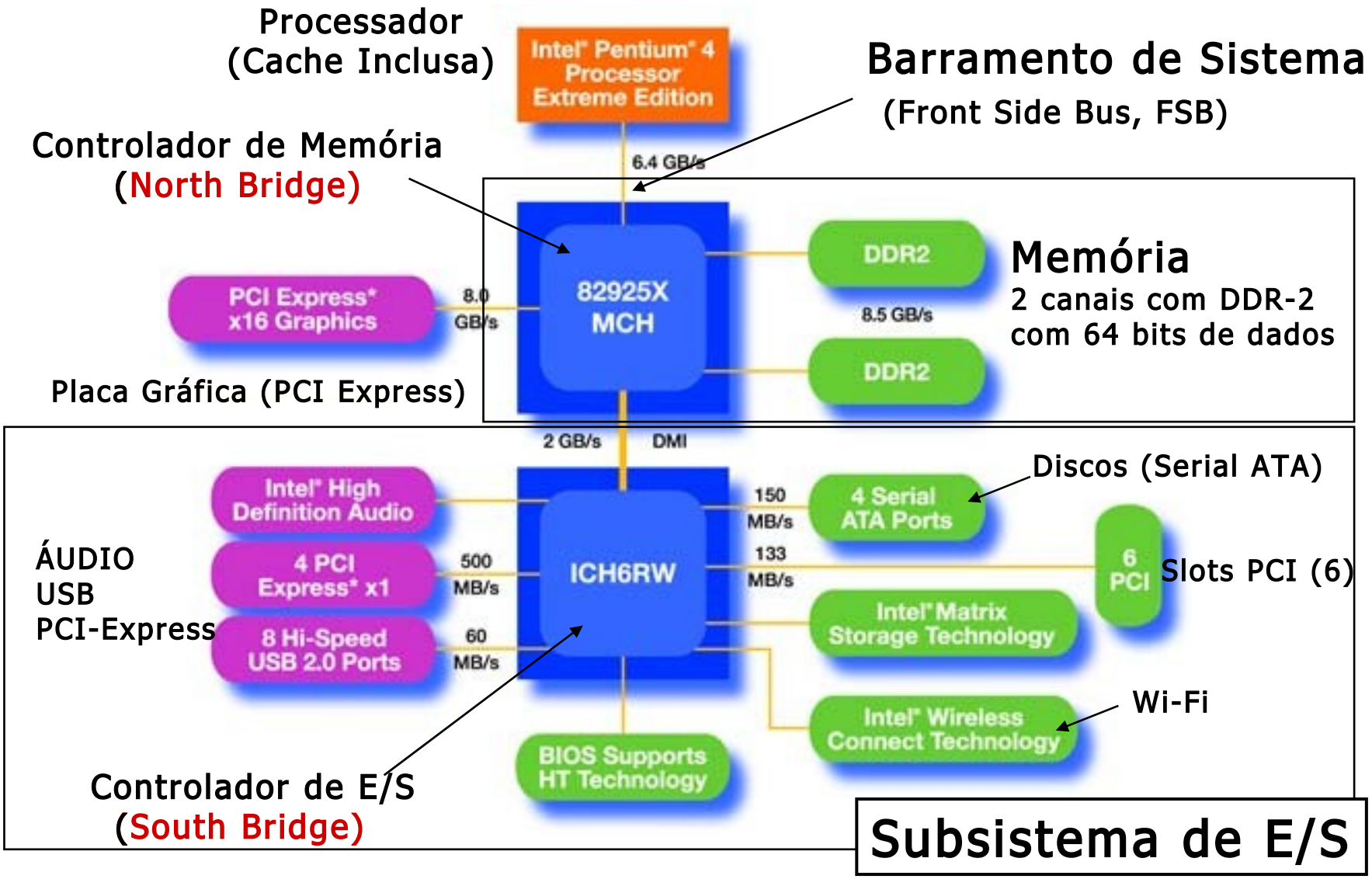
Acesso à Memória



Acesso à Memória



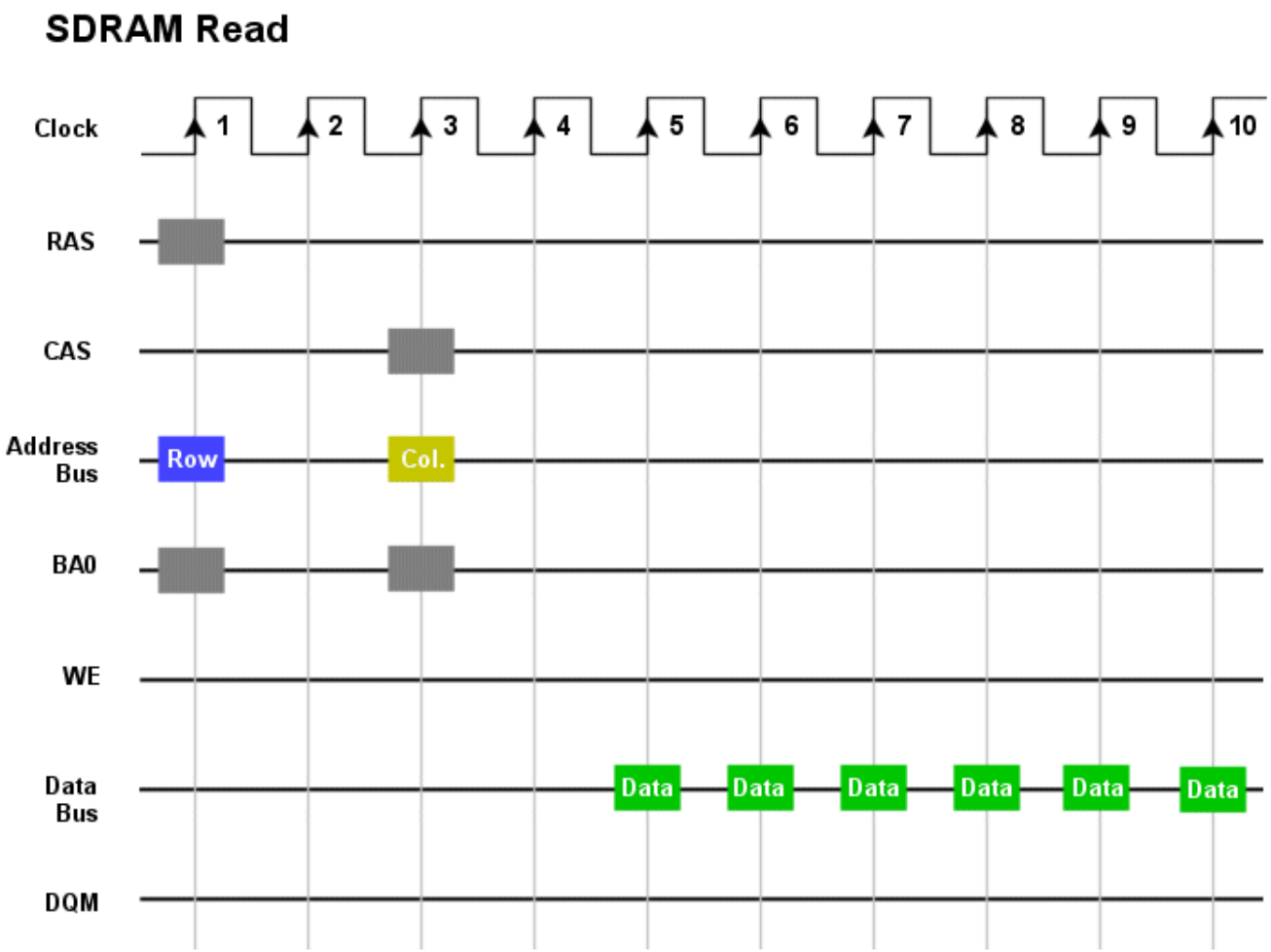
Intel Pentium 4



Memórias Síncronas

- As memórias síncronas são um tipo de DRAM, onde a leitura ou escrita dos dados é sincronizada por um relógio de sistema ou de barramento.
- As memórias síncronas são projetadas para permitir a leitura ou escrita, depois da latência inicial, em modo rajada (*burst mode*) em uma taxa de um ciclo de relógio por acesso.
- Elas se aproveitam do fato de que os modernos processadores possuem memórias caches internas e, a cada cache *falha*, linhas inteiras de *bytes* com endereços seqüenciais são lidas ou escritas da memória de uma única vez.
- Com isso, o seu desempenho é significativamente superior ao das memórias assíncronas.

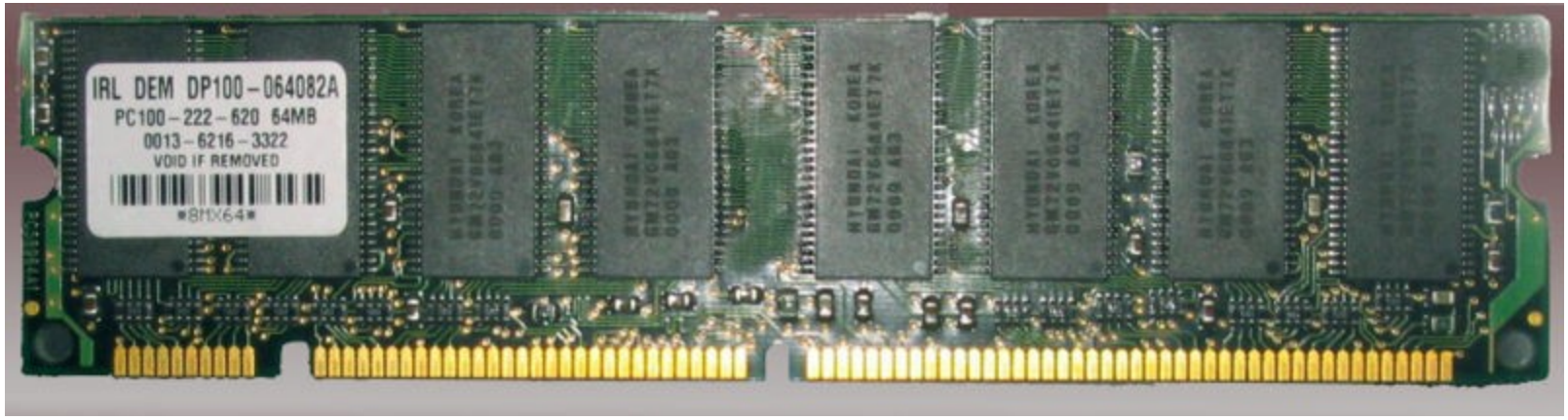
Memórias Síncronas



Memórias SDRAM

- Originalmente conhecidas como apenas "SDRAM", as **Single Data Rate** DRAMs podem aceitar um comando e transferir uma palavra de dados por ciclo de relógio.
- Velocidades típicas de relógio dessas memórias são 100 ou 133 MHz, cujos módulos são conhecidos como PC-100 e PC-133.
- Essas pastilhas de memória são feitas com largura variável do barramento de dados (os valores mais comuns são 4, 8 ou 16 bits)
- São agrupadas geralmente em pentes DIMMS com 168 pinos que lêem ou escrevem 64 bits (sem correção de erros – ECC) ou 72 bits (com ECC) de dados ao mesmo tempo.

Memórias SDRAM e DDR



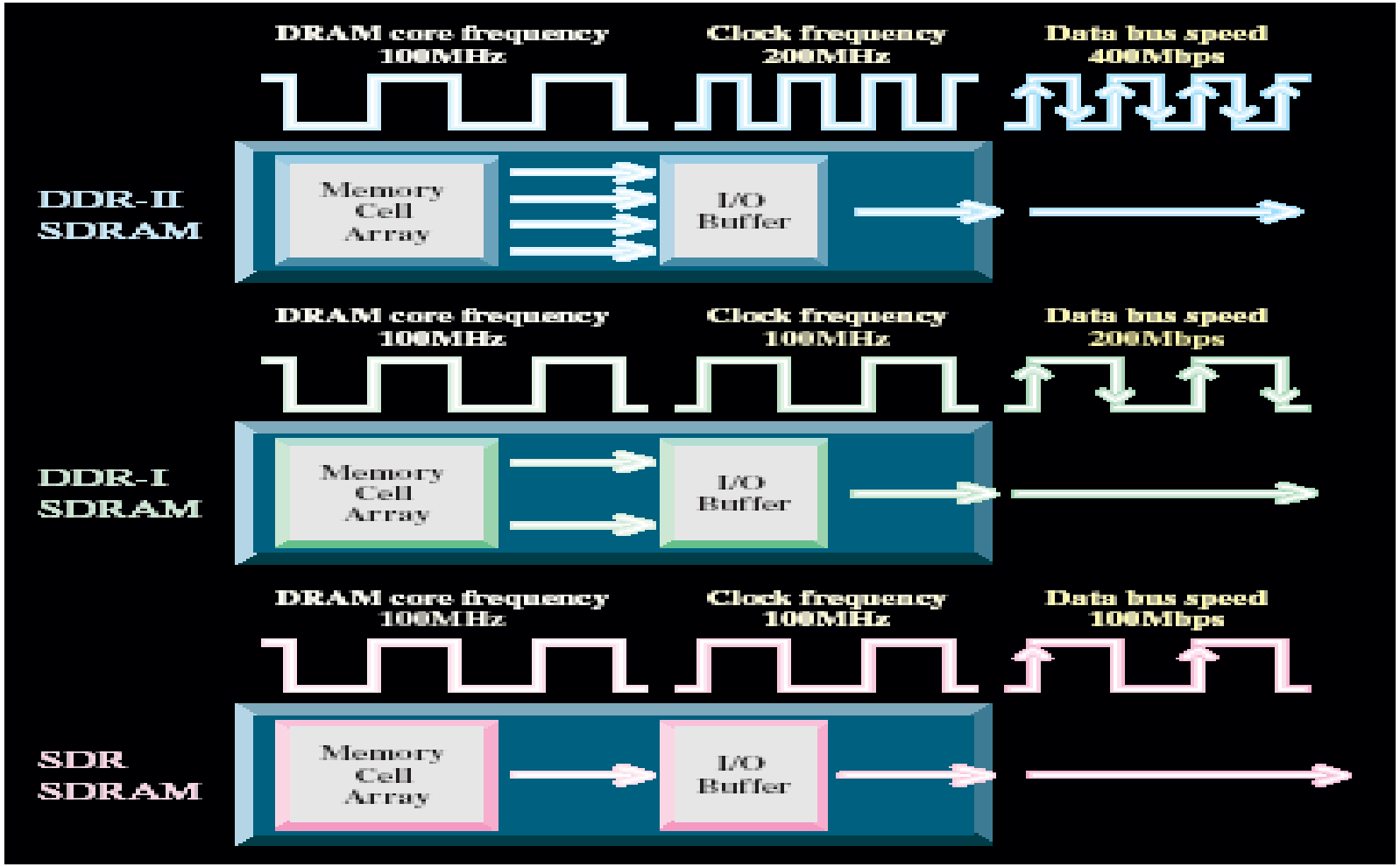
Memórias DDR

- As memórias **DDR SDRAM** ou "**double-data-rate synchronous dynamic random access memory**" são uma classe de memória que alcança maior largura de banda através da transferência de dados na subida e na descida do sinal de relógio.
- Efetivamente, isto praticamente dobra a taxa de transferência sem aumentar a freqüência da interface de barramento do processador (*front side bus*).
- Assim, uma célula de memória DDR-200 opera na realidade com uma freqüência de relógio de apenas 100 MHz e possui uma largura de banda de cerca de 1600 MB/s.

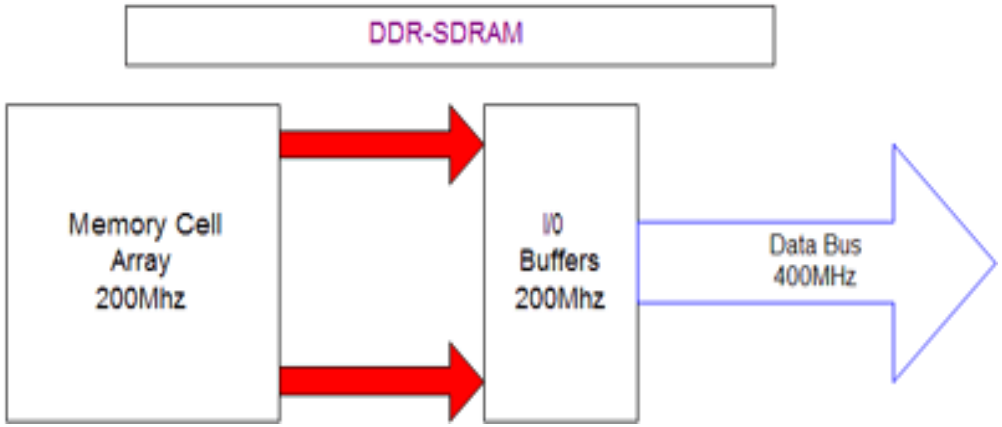
Memórias DDR2

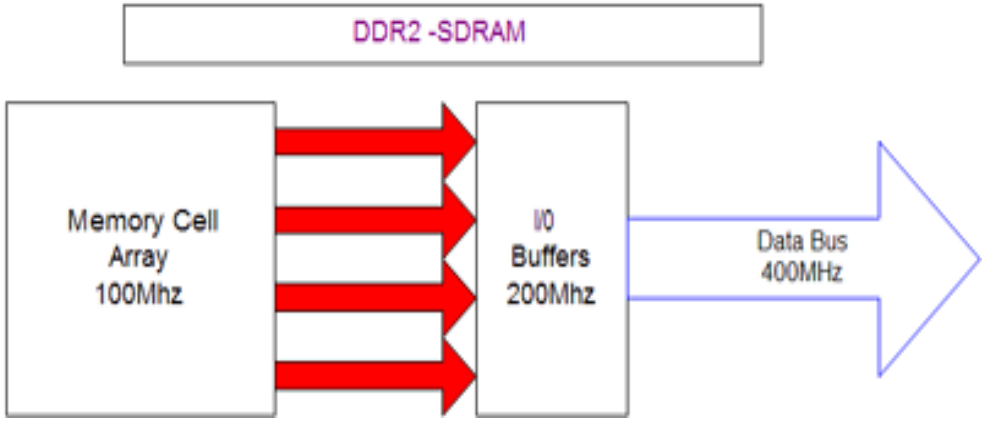
- Como as memórias DDR, as memórias DDR2 transferem os dados tanto na subida como na descida do relógio.
- A diferença principal entre elas é que a freqüência interna dos *buffers* da DDR2 é o dobro da velocidade das células de memória, e a taxa de transferência externa o dobro daquela dos *buffers*, permitindo que quatro palavras de dados sejam transferidos por ciclo de memória.
- Então, sem acelerar as células de memória propriamente ditas, a DDR2 pode operar efetivamente com o dobro da velocidade de uma memória DDR.

Memórias DDR2



Memórias DDR2





Memórias DDR2

- Um custo para essas otimizações é o aumento da **latência**, já que as células levam duas vezes mais tempo (em termos de ciclos de barramento) para produzir um resultado e os *buffers* utilizados adicionam ainda mais atraso.
- Enquanto a memória DDR tem latências de leitura (tempo de acesso) tipicamente entre 2 e 3 ciclos, as memórias DDR2 podem ter latências entre 3 e 9 ciclos.
- Por causa das latências, considera-se que as memórias DDR, rodando na mesma freqüência, tem um desempenho superior às memórias DDR2. Essas últimas, contudo, alcançam velocidades de relógio superiores.

Memória DDR2

Nome	Clock da Memória	Tempo do Ciclo	Clock do I/O Bus	Transferências por segundo	Nome do Módulo	Taxa de Transferência de Pico
DDR2-400	100 MHz	10 ns	200 MHz	400 Milhões	PC2-3200	3200 MB/s
DDR2-533	133 Mhz	7.5 ns	266 Mhz	533 Milhões	PC2-4200	4266 MB/s
DDR2-667	166 MHz	6 ns	333 MHz	667 Milhões	PC2-5300	5333 MB/s
DDR2-800	200 MHz	5 ns	400 MHz	800 Milhões	PC2-6400	6400 MB/s
DDR2-1066	266 Mhz	3.75 ns	533 MHz	1066 Milhões	PC2-8500	8533 MB/s
DDR2-1300	325 Mhz	3.1 ns	650 MHz	1300 Milhões	PC2-1040	10400 MB/s

Memórias DDR x DDR2

- As memórias DDR são comumente encontradas nos padrões DDR-266, DDR-333 e DDR-400.
- As memórias DDR2 podem ser obtidas nos padrões DDR-400, DDR-533, DDR-667 e DDR-800.
- Na verdade, tanto no caso da memória DDR quanto no caso da memória DDR2, esses valores correspondem à metade. Por exemplo, a memória DDR2-667 na realidade trabalha a 333 MHz.
- Uma memória DDR-400 tem desempenho superior à uma memória DDR2-400, embora ambas trabalhem com uma freqüência de barramento de 200 MHz e tenham a mesma taxa de transferência nominal de 3.200 MB/s (200 x 2 x 8 bytes)

Memórias DDR x DDR2

- Os pentes de memória DIMM DDR2 não são compatíveis com as memórias DIMM DDR.
- O “dente” está colocado em uma posição diferente e a densidade de pinos é ligeiramente maior, 240 pinos no módulo da DDR2 contra 184 pinos no módulo da DDR.
- Nas memórias DDR a terminação resistiva necessária para a memória funcionar está localizada placa-mãe. Já na DDR2 este circuito está localizado dentro do chip de memória.
- Enquanto o tipo DDR trabalha com 2,5 V, a tecnologia DDR2 requer 1,8 V, implicando em um menor consumo de energia.

Memórias DDR e DDR2

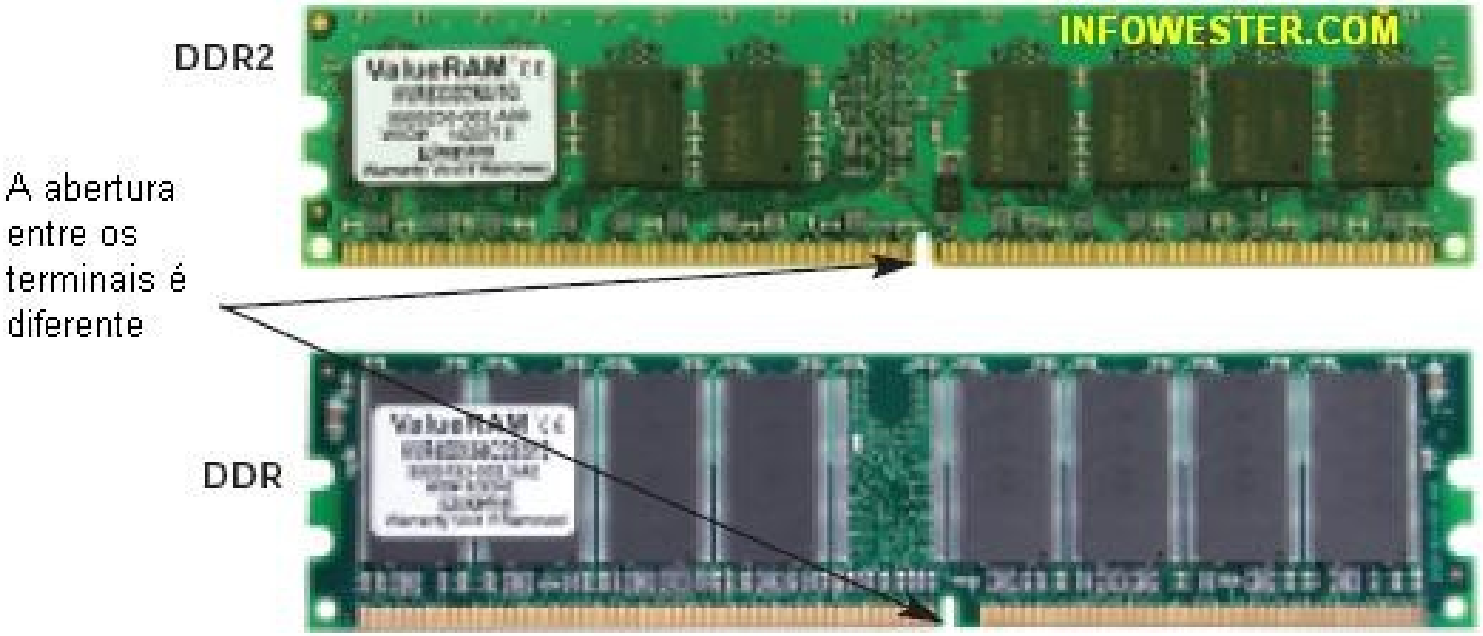
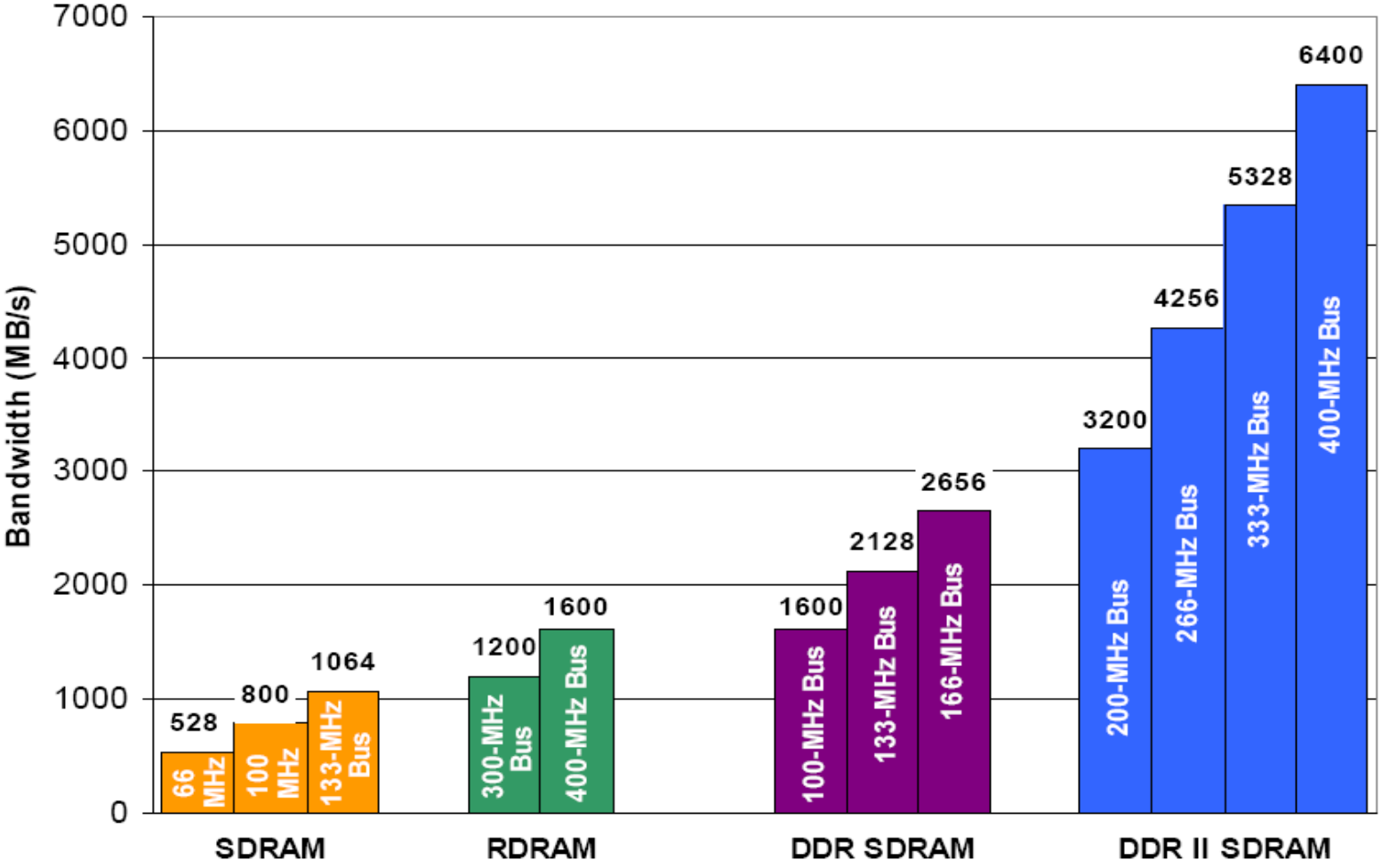


Imagem por Kingston Technology

Memórias DRAM

Memória	Velocidade
SDRAM PC-100	800 MB/s
SDRAM PC-133	1.064 MB/s
DDR-200 ou PC-1600	1.600 MB/s
DDR-266 ou PC-2100	2.128 MB/s
DDR-333 ou PC-2700	2.656 MB/s
DDR-400 ou PC-3200	3.200 MB/s
DDR2-400 ou PC2-3200	3.200 MB/s
DDR2-533 ou PC2-4200	4.256 MB/s
DDR2-667 ou PC2-5300	5.328 MB/s
DDR2-800 ou PC2-6400	6.400 MB/s

Desempenho das Memórias



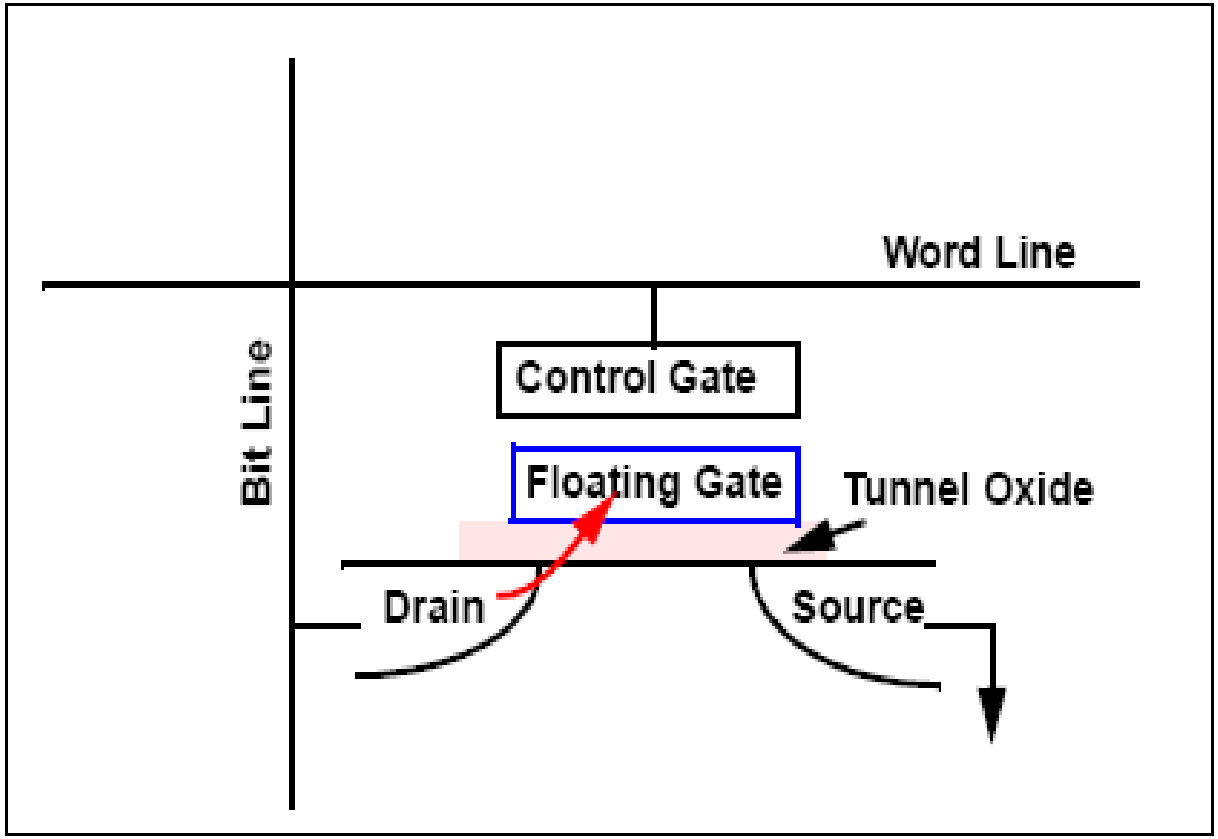
Memórias Flash

- Uma memória de leitura e escrita que mantém o seu conteúdo mesmo sem alimentação;
- A memória Flash evoluiu das memórias EEPROM (Electrical Erasable PROM) e seu nome foi criado pela empresa Toshiba para expressar o quão rápido ela poderia ser apagada;
- A memória FLASH é amplamente utilizada para armazenamento em módulos como “pendrives” e cartões de memória.
- Há alguns anos as memórias FLASH substituíram as memórias ROMs como memórias BIOS dos PCs, assim elas podem ser atualizadas diretamente nas placas ao invés de serem removidas e substituídas.

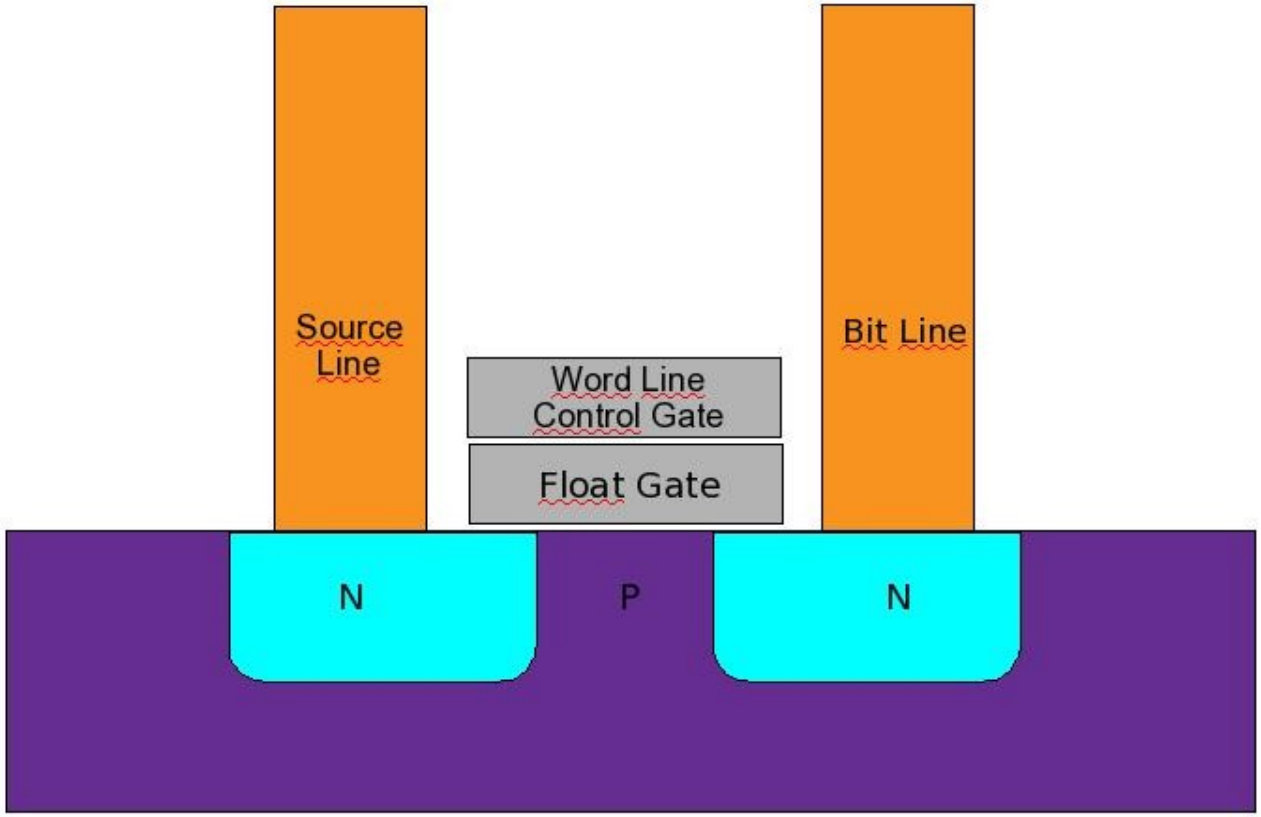
Memórias Flash

- Uma grande limitação das memórias flash é que embora elas possam ser lidas ou escritas byte a byte, como em uma memória comum, elas devem ser apagadas em bloco.
- Usualmente todos os bits são levados para '1'.
- Assim, em um bloco de memória flash totalmente apagada, qualquer posição dentro desse bloco pode ser programado.
- Contudo, uma vez que um bit tenha sido colocado em '0, apenas apagando todo o bloco eel pode ser colocado novamente em '1'.
- E outras palavras, as memórias flashs pode ser lidas e escritas aleatoriamente, mas não oferecem este tipo de facilidade para operações de re-escrita ou apagamento.

Memórias Flash



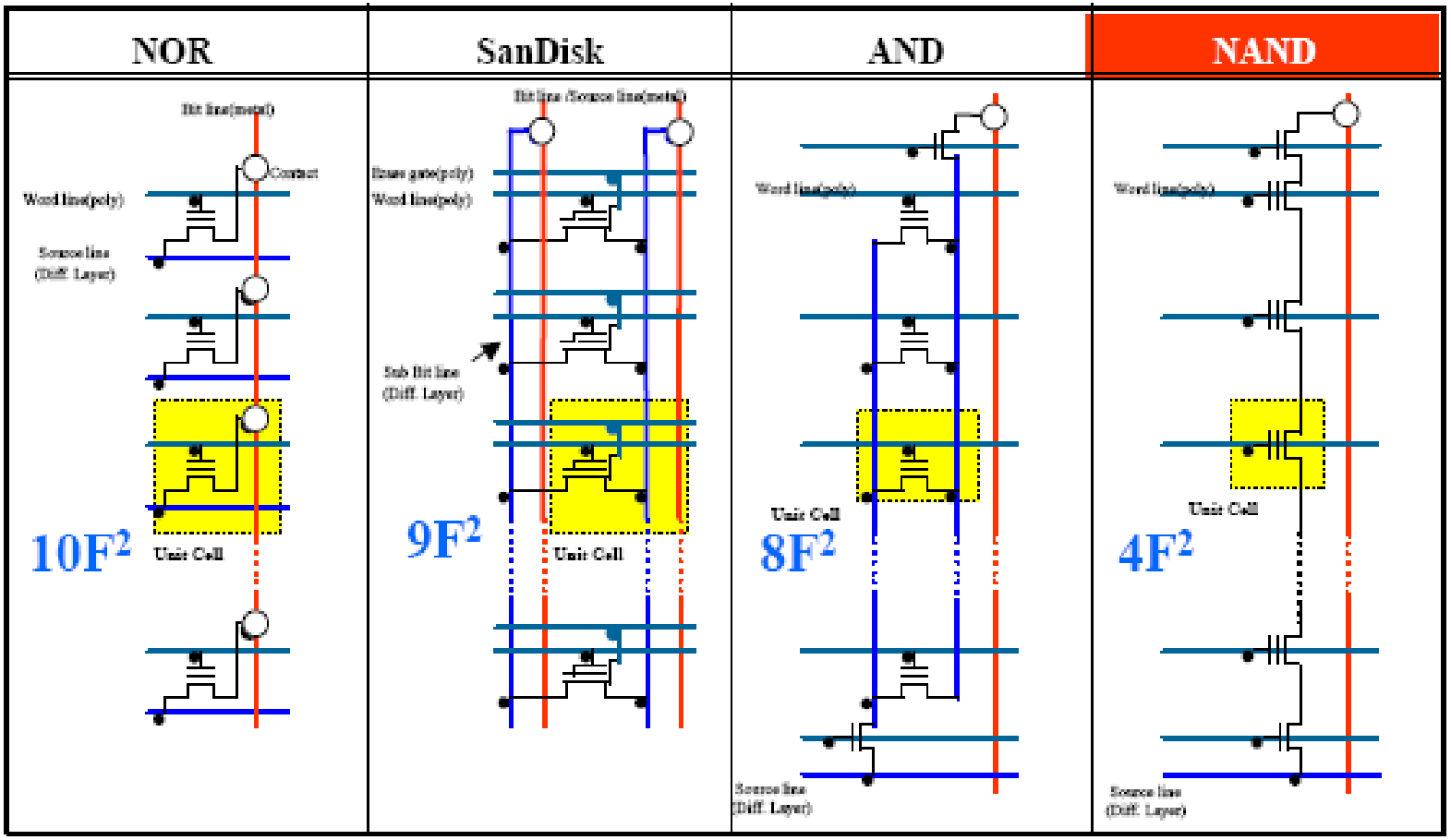
Memórias Flash



Memórias Flash (NOR x NAND)

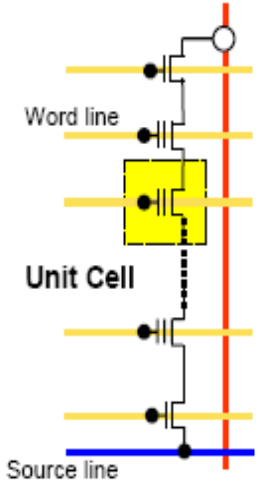
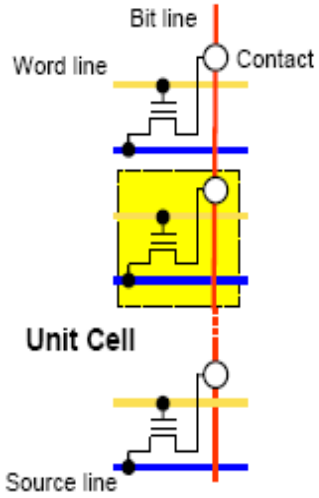
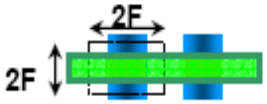
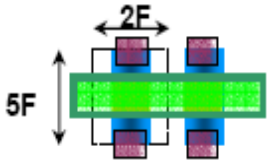
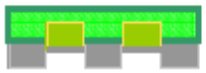
- As memórias Flash são construídas de portas NOR ou NAND. As memórias NOR funcionam como a memória de um computador, enquanto que as memórias NAND funcionam como se fossem um disco rígido.
- As memórias Flash do tipo NOR são utilizadas em câmeras digitais, aparelhos celulares e PDAs armazenando o sistema operacional e outros dados que mudam com pouca freqüência.
- As memórias Flash do tipo NAND são utilizadas para armazenar dados em “pendrives” para USB, tocadores de MP3 e fotos em câmeras digitais.

Memórias Flash (NOR x NAND)



Menor Área
Roteamento + Simples

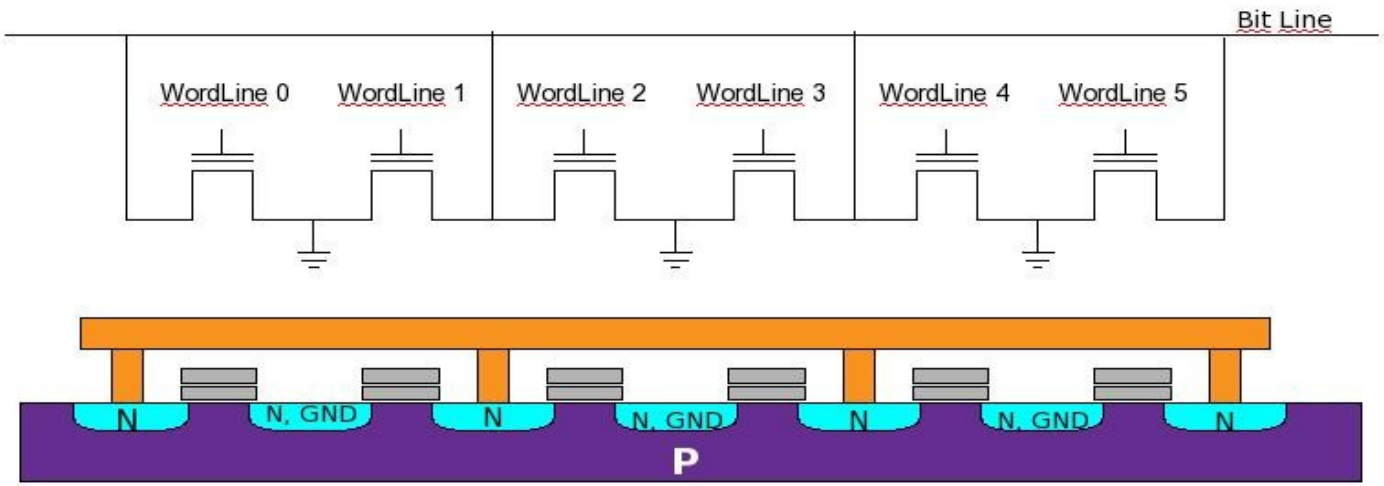
Memórias Flash

	NAND	NOR
Cell Array		
Layout		
Cross-section		
Cell size	$4F^2$	$10F^2$

Memórias Flash (NOR)

- Desenvolvidas pela Intel em 1998, as memórias Flash do tipo NOR permitem um acesso aleatório de alguns bytes, o que é ideal para a execução de instruções de um programa.
- As memória Flash do tipo NOR permitem cerca de 100.000 ciclos de escrita antes de se esgotarem.
- As células devem ser apagadas em blocos de 64, 128 ou 256 KB antes de serem escritas. Isto pode levar alguns segundos.
- Contudo, a leitura e escrita de um byte por vez é muito rápida.

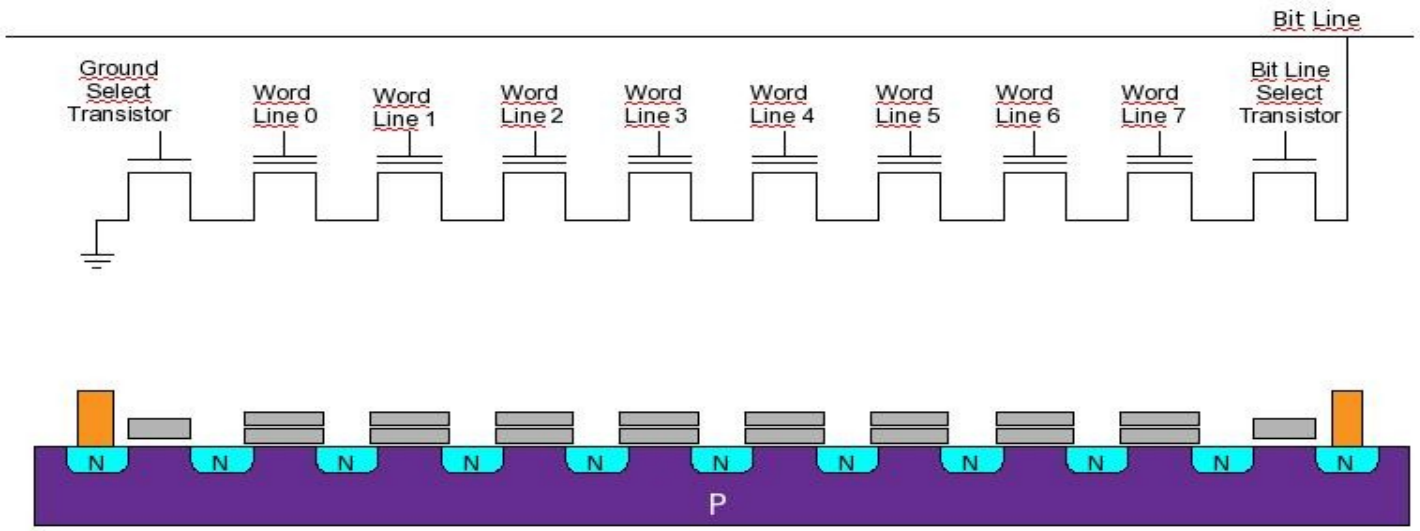
Memórias Flash (NOR)



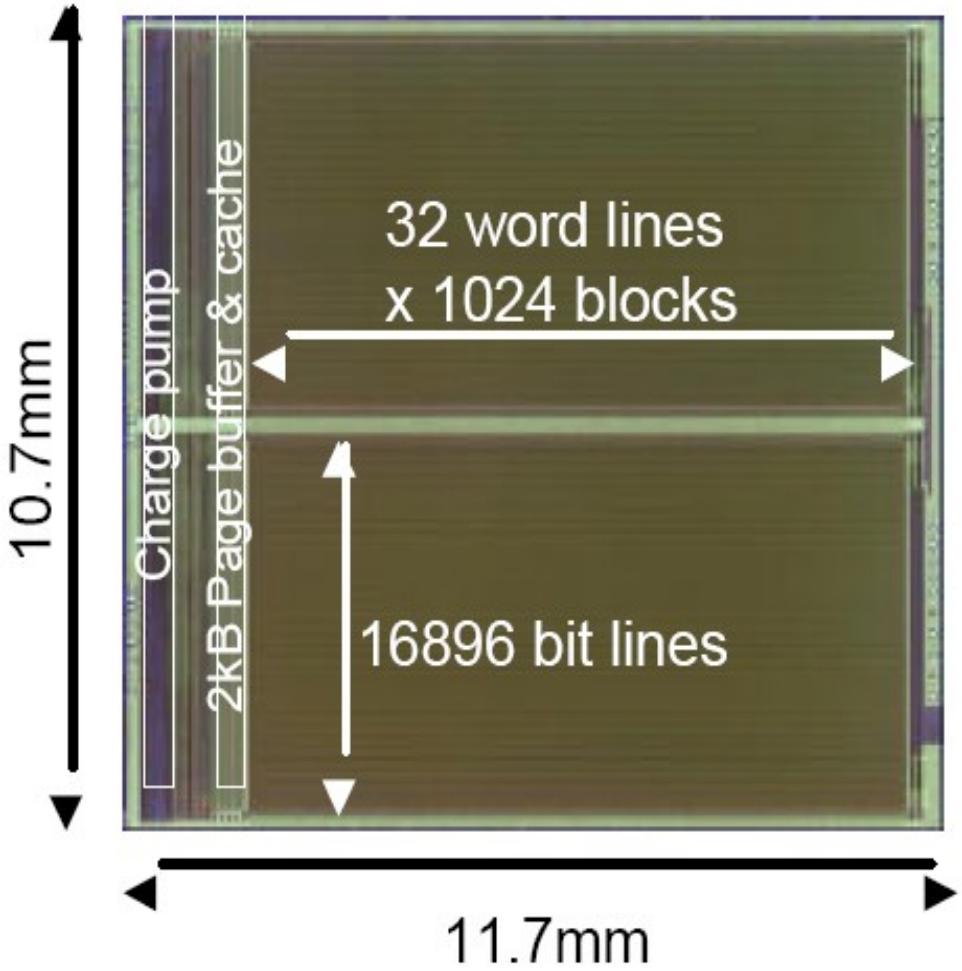
Memórias Flash (NAND)

- Desenvolvidas pela Toshiba um ano depois das memórias NOR da Intel, a memória Flash do tipo NAND parece como um disco rígido para o sistema operacional.
- Leituras e escritas são feitas em blocos de 512 bytes (igual ao setor de um disco) de um modo mais rápido que nas memórias NOR.
- Contudo, tipicamente, páginas com 2 KB (quatro blocos) são lidas e escritas de uma vez.
- Antes da escrita, as células são apagadas em blocos de 16 a 512 KB.
- Menos cara que a Flash do tipo NOR, a Flash NAND pode ser reescrita até 1.000.000 de vezes.

Memórias Flash (NAND)

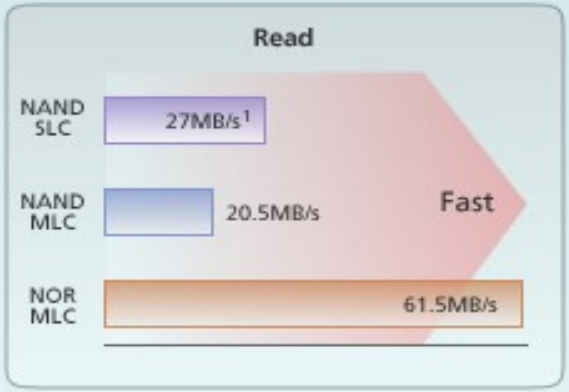


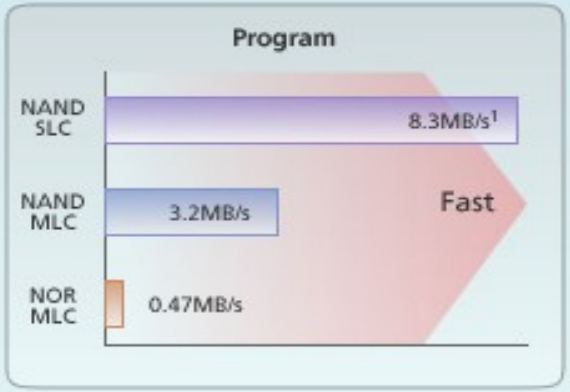
1Gbit NAND Flash

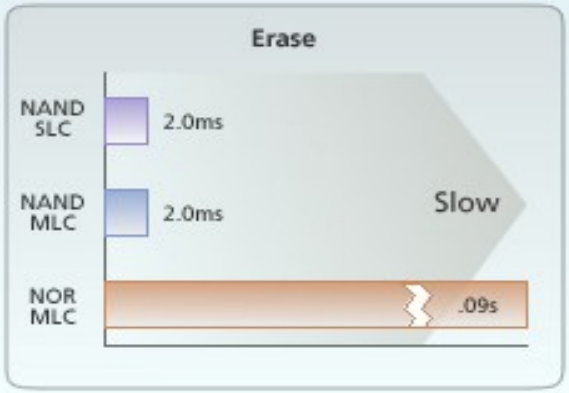


Memórias Flash (NOR x NAND)

NAND vs. NOR Performance Comparison







Currently Available Toshiba Flash Densities

Flash Type	Density	Organization	Page Size
NAND	1Gb[2]	128M x 8	2112 bytes
	2Gb	256M x 8	2112 bytes
	4Gb	512M x 8	2112 bytes
	8Gb	1G x 8	2112 bytes
	16G	2G x 8	2112 bytes
NOR	16Mb[3]	2Mx8 / 1Mx16	—
	32Mb	4Mx8 / 2Mx16	—
	64Mb	8Mx8 / 4Mx16	—
	128Mb	16Mx8 / 8Mx16	—

Memórias Flash (NOR x NAND)

http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory