

# 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 mantêm 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 memórias 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.

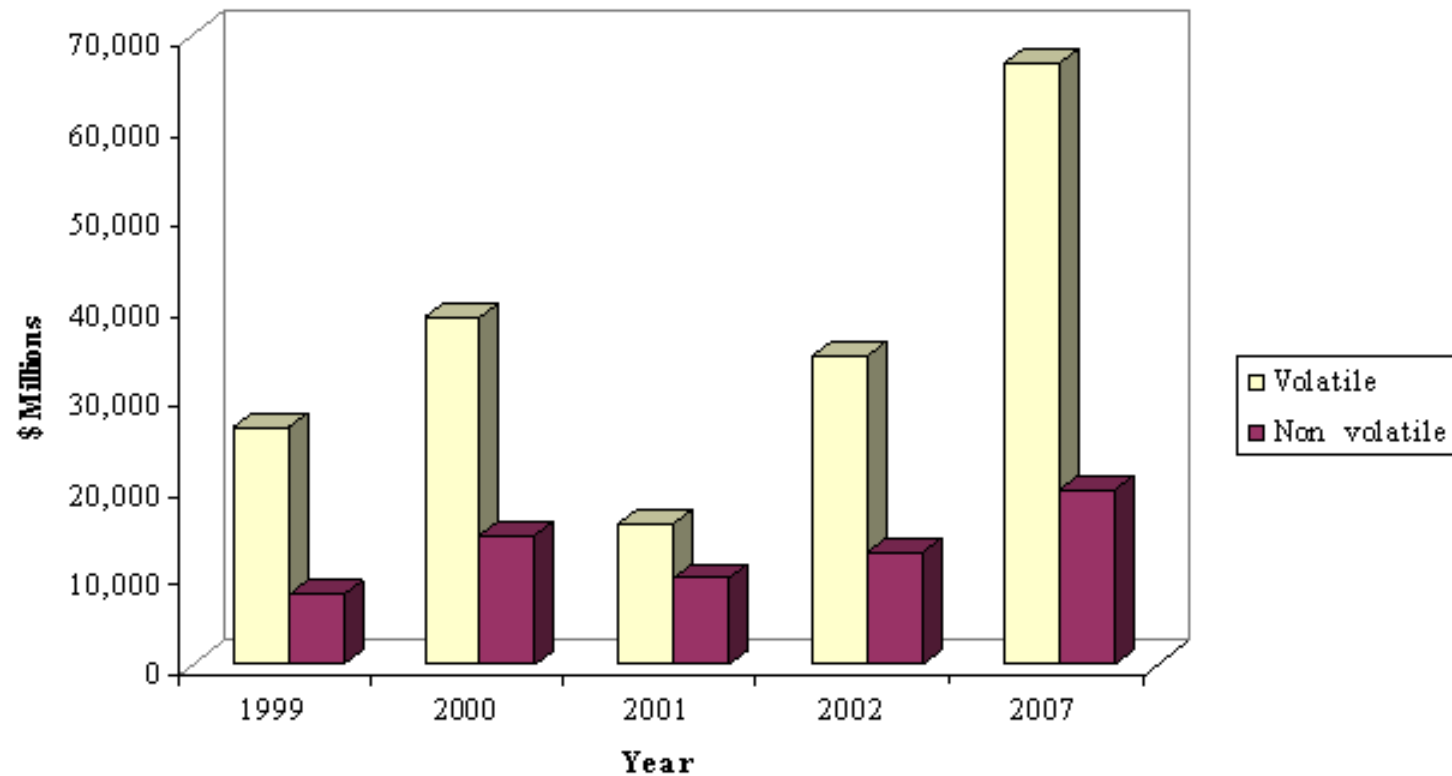
# Classificação das Memórias

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

# Classificação das Memórias

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

# Mercado de Memórias



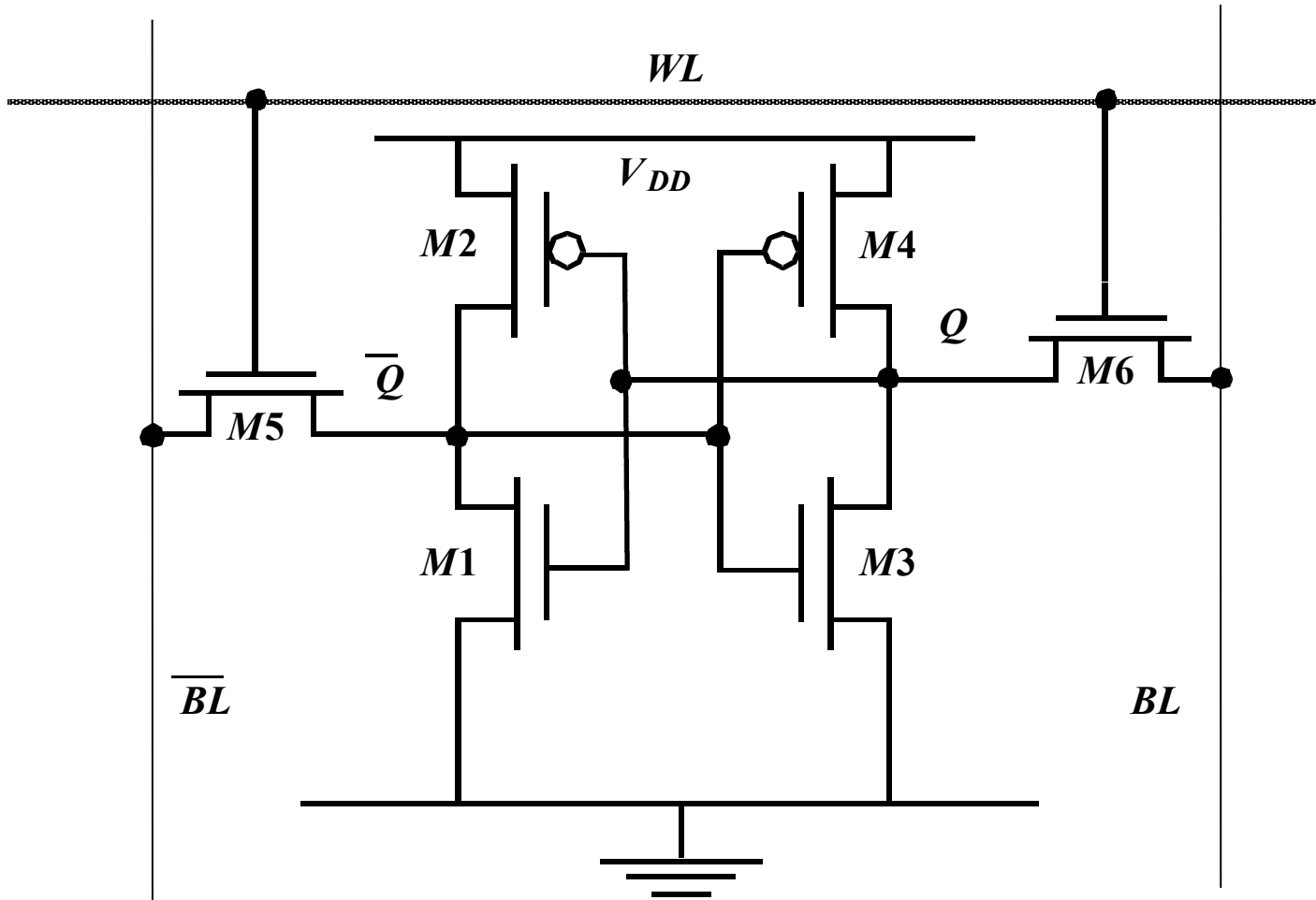
# Memórias Estáticas (SRAM)

- 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.

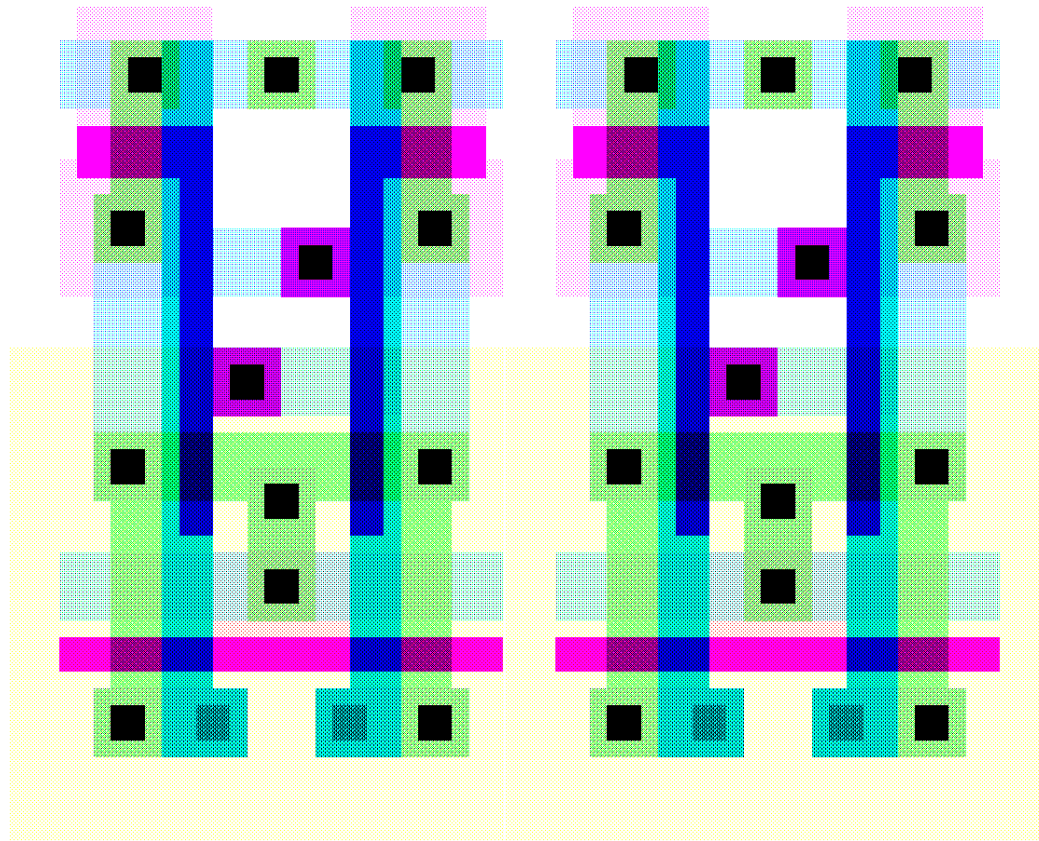
# Memórias Dinâmicas (DRAM)

- 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.

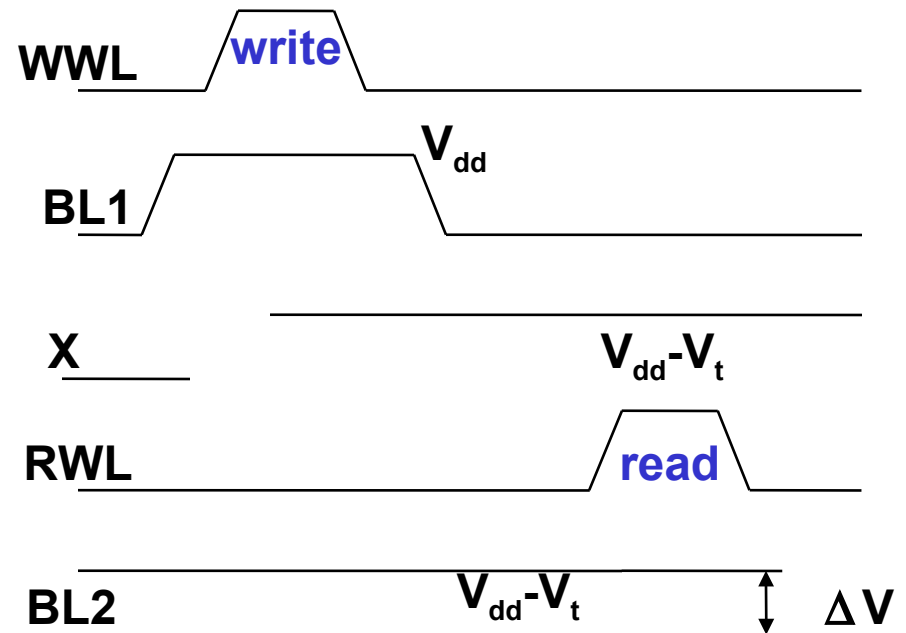
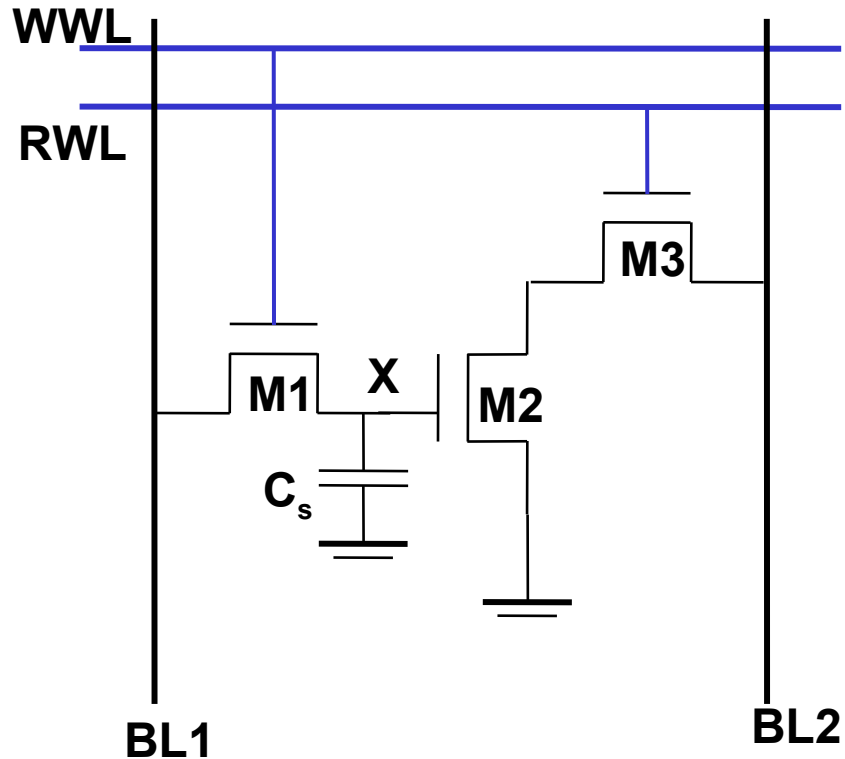
# Célula de Memória Estática



# Layout de Célula de Memória Estática



# Célula DRAM com 3 transistores



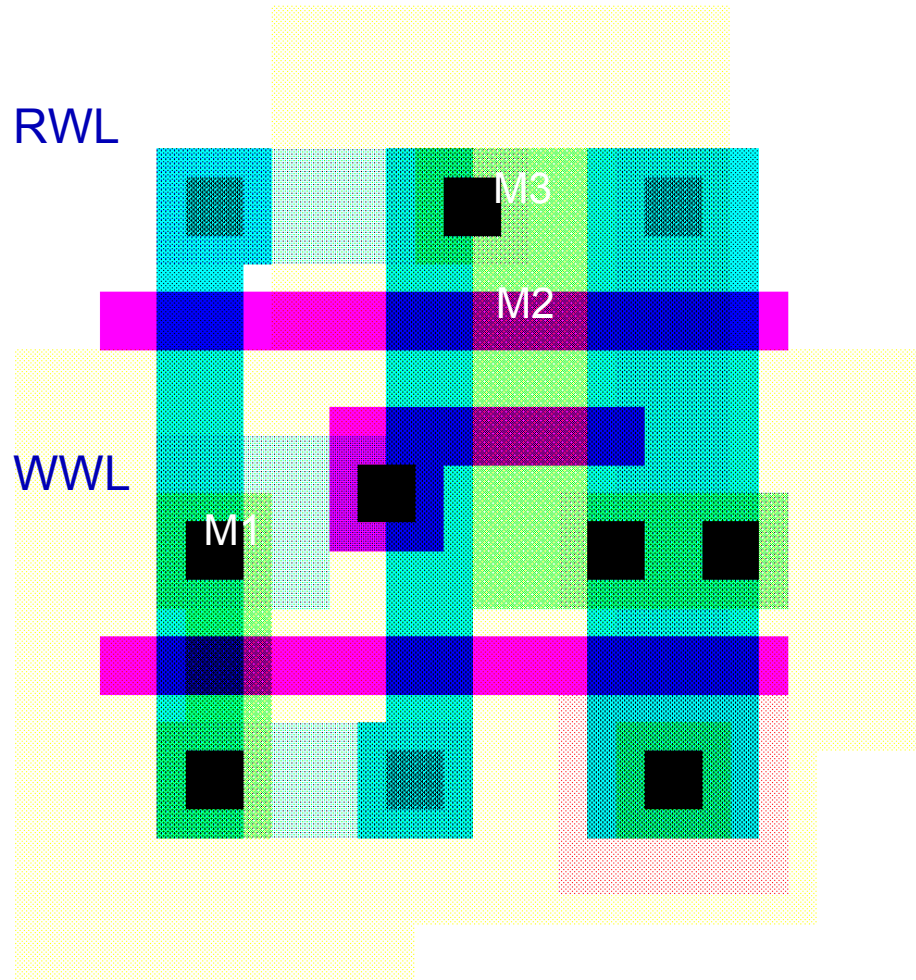
As leituras não são destrutivas

# Layout Célula DRAM com 3T

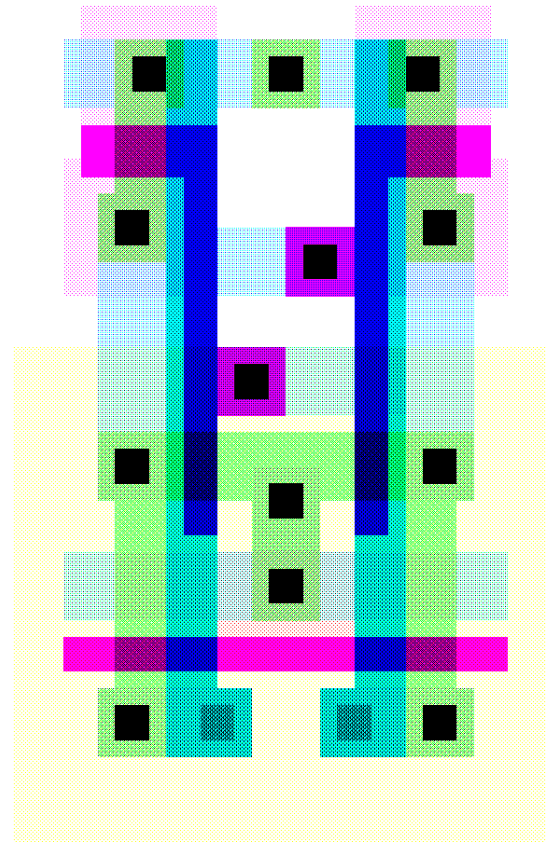
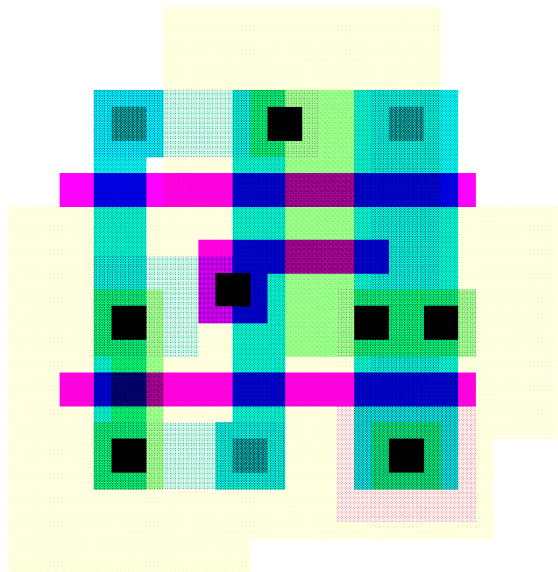
BL2

BL1

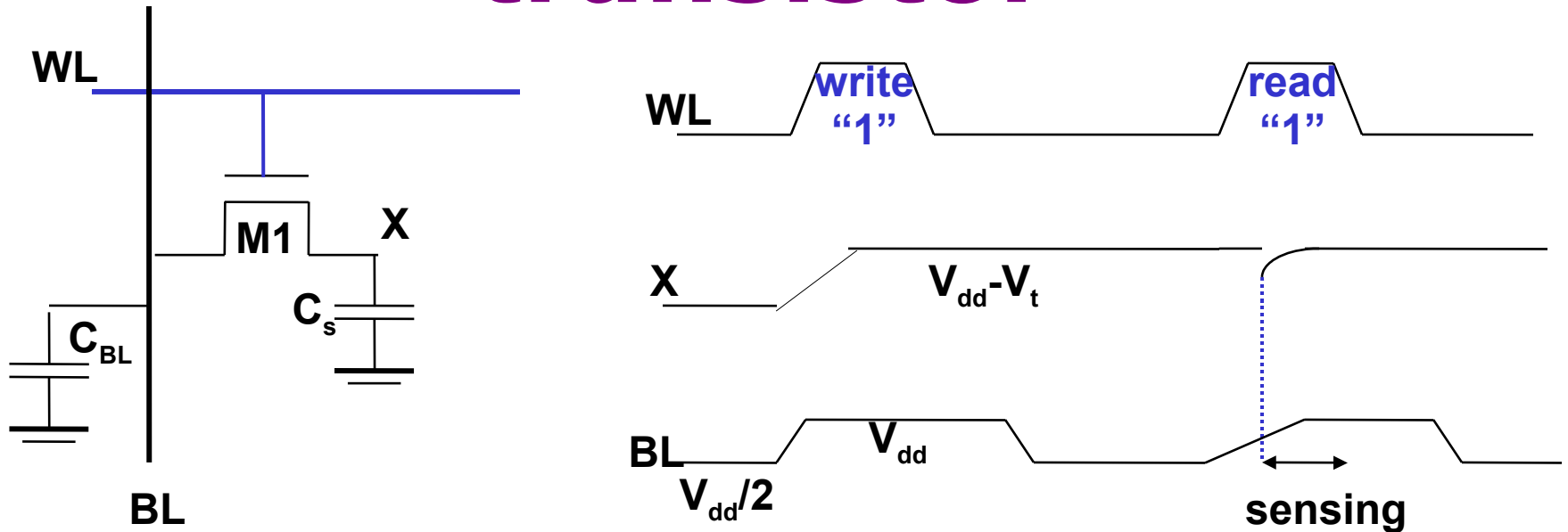
GND



# Comparação de Layout



# Célula D-RAM com 1 transistor

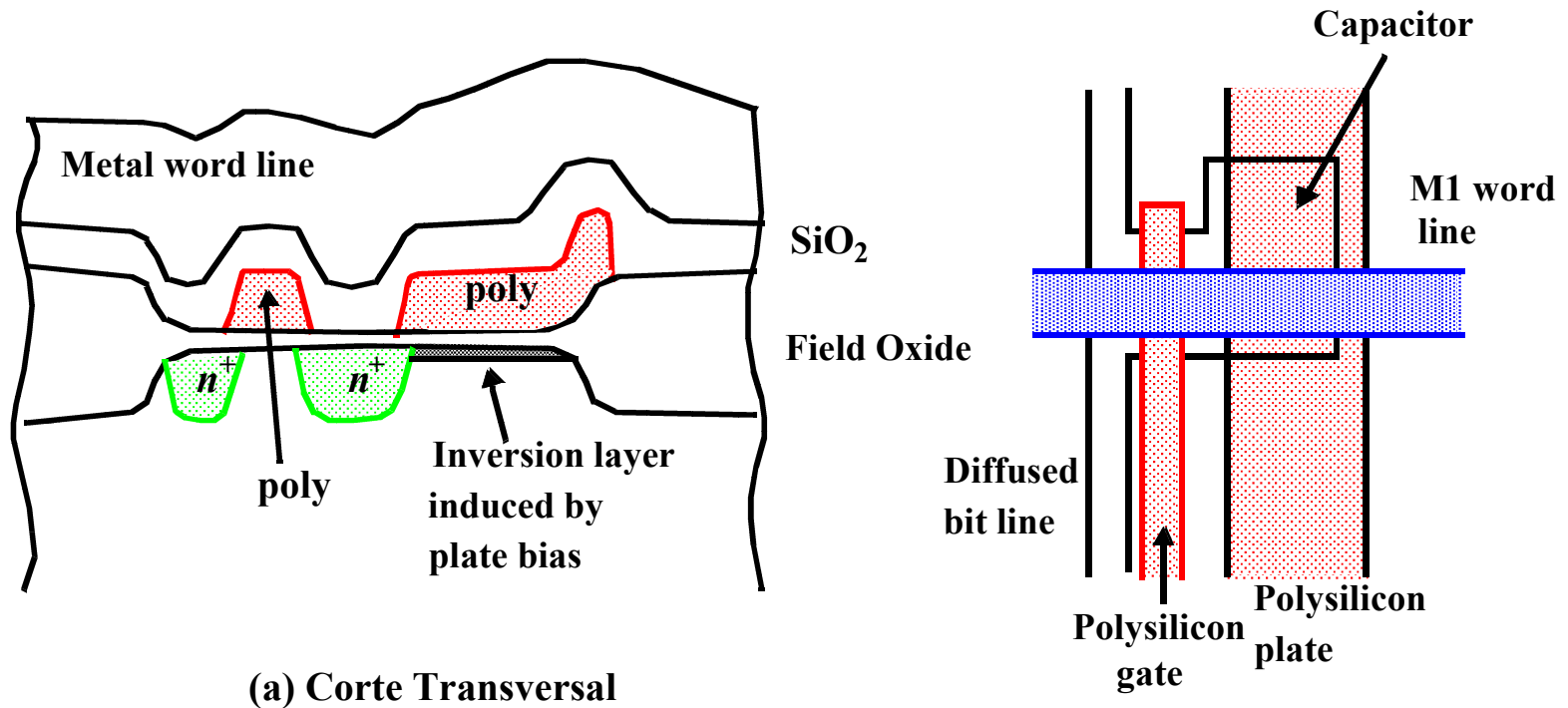


Escrita: C<sub>s</sub> é carregado (ou descarregado) ativando WL e BL

Leitura: redistribuição de cargas ocorre entre C<sub>BL</sub> e C<sub>s</sub>

A leitura é destrutiva, deve haver atualização após a leitura

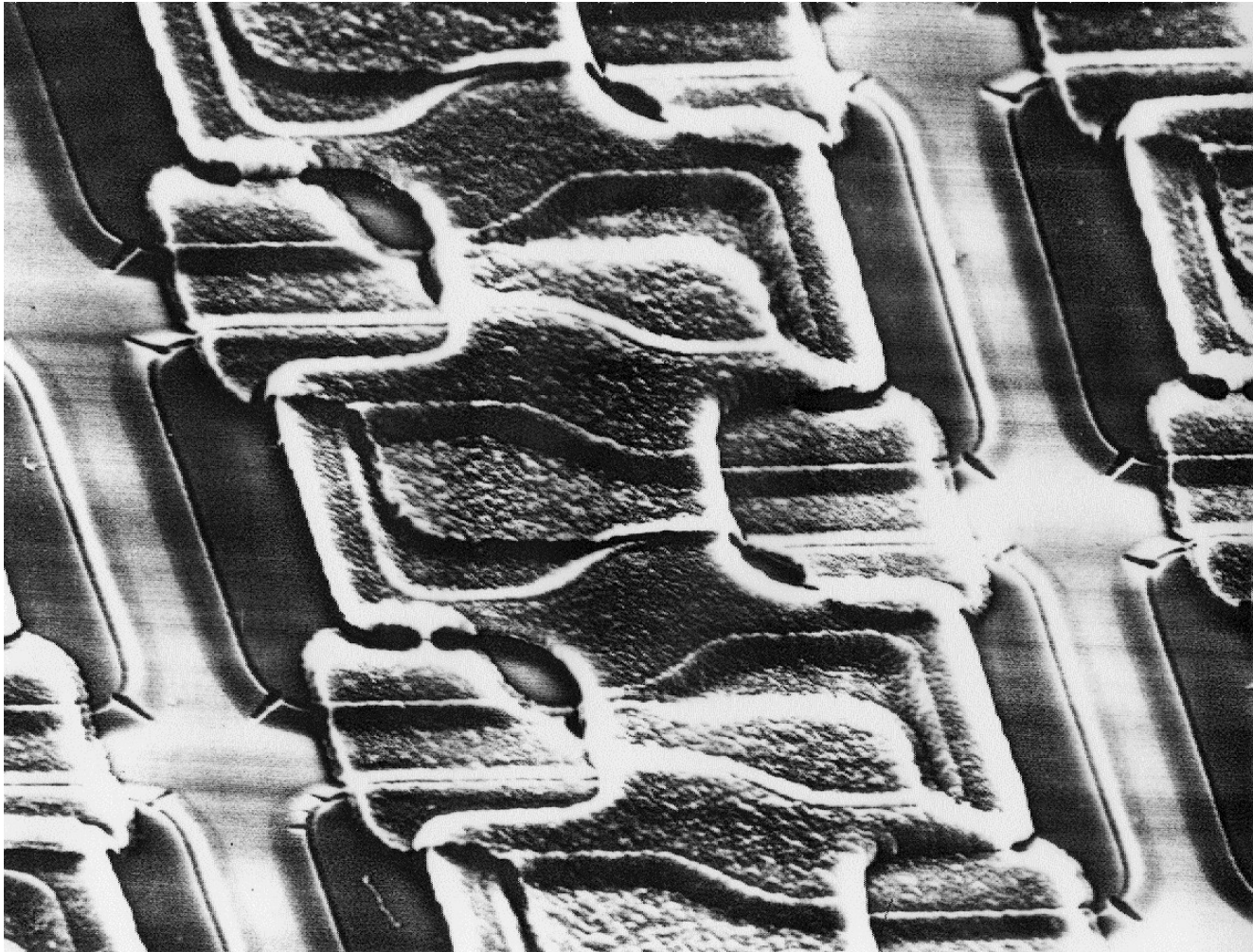
# Célula DRAM 1T



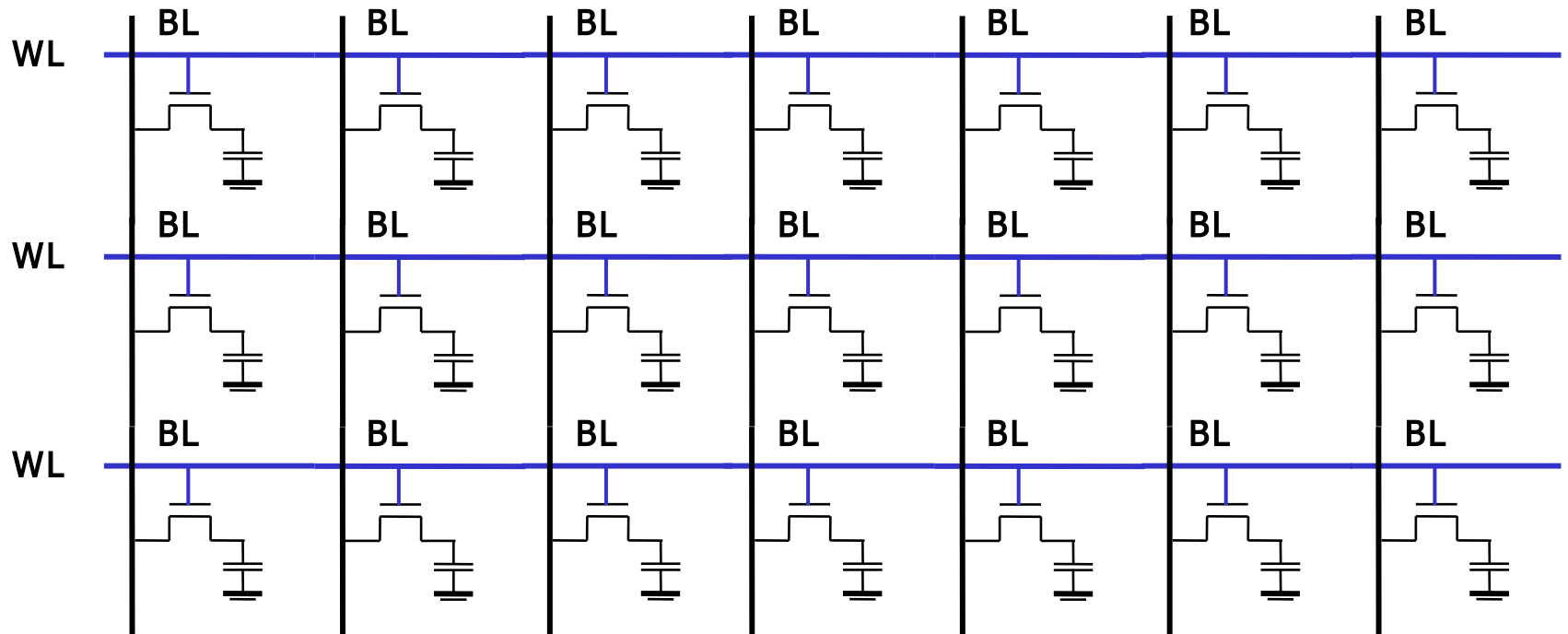
Capacitância com Polissilício-Difusão

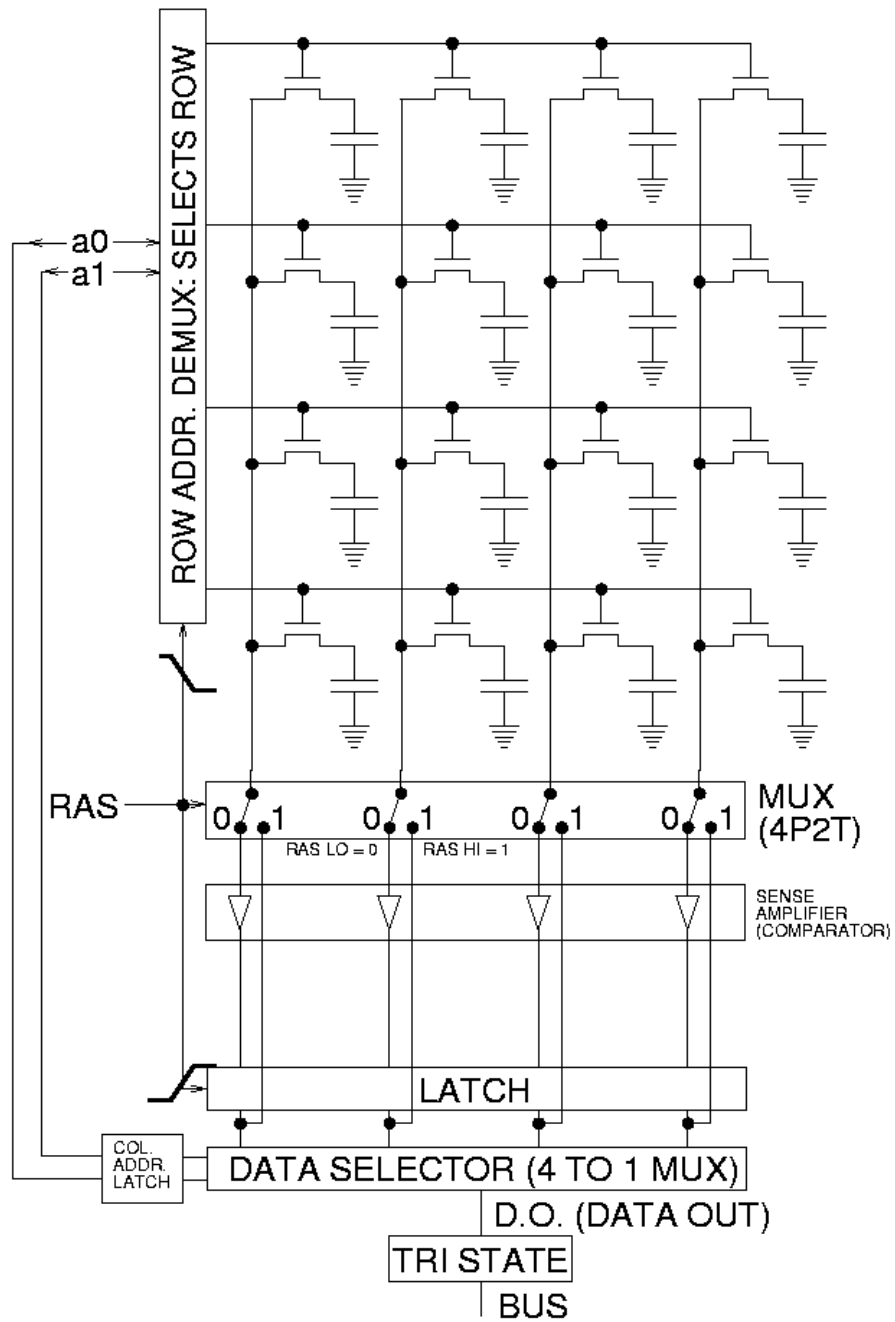
Caro em Área

# Foto da Célula DRAM 1T



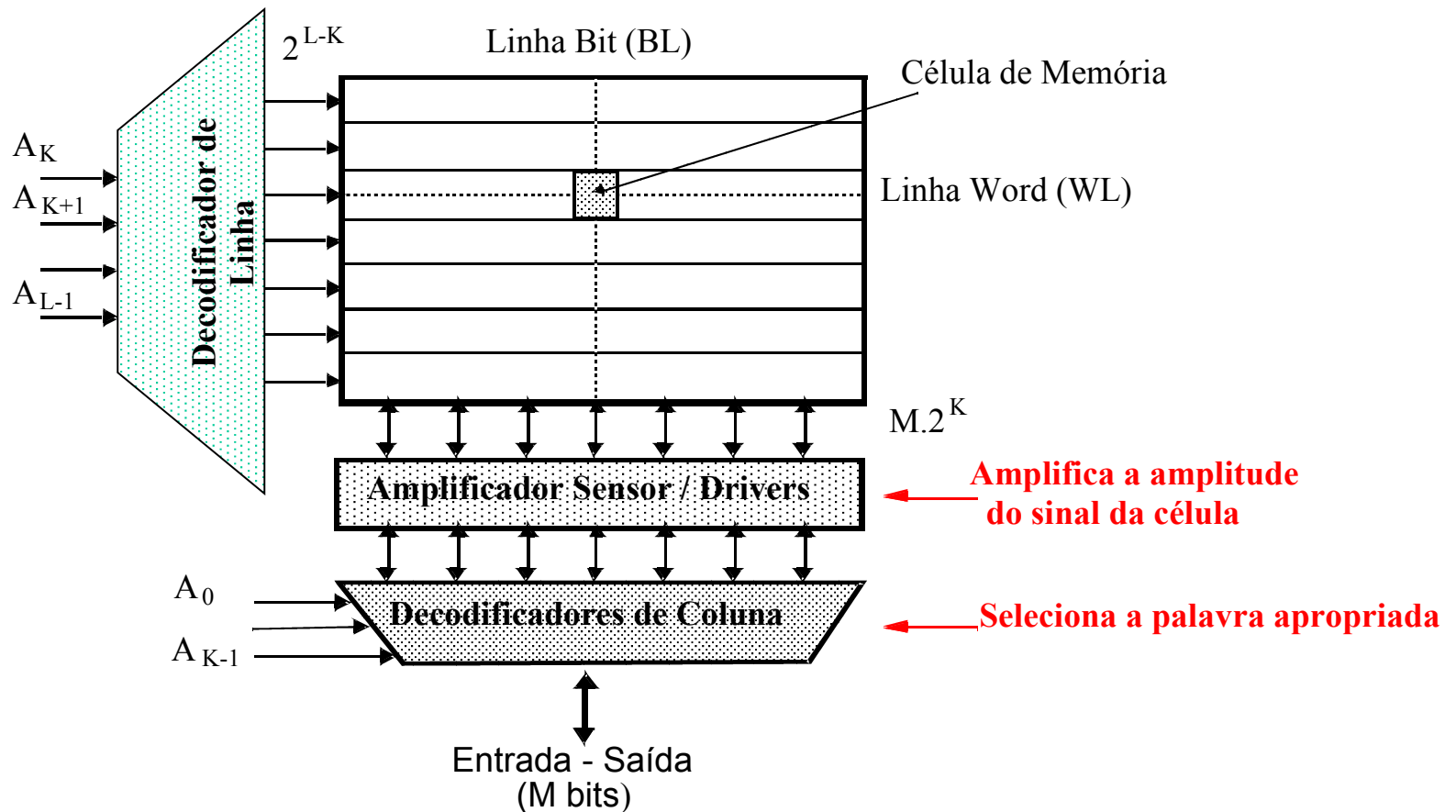
# Matriz de Memória



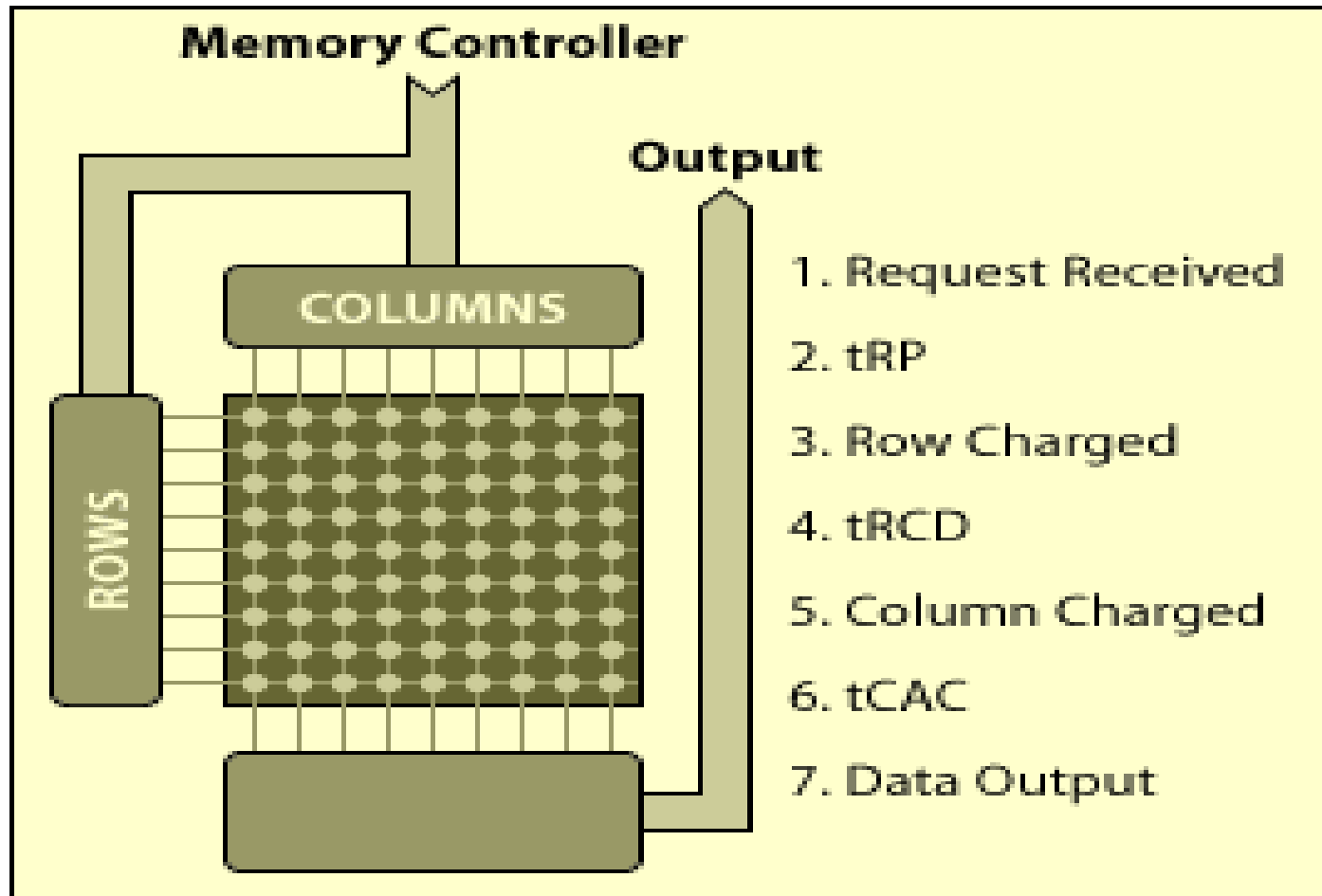


# Matriz de Memória

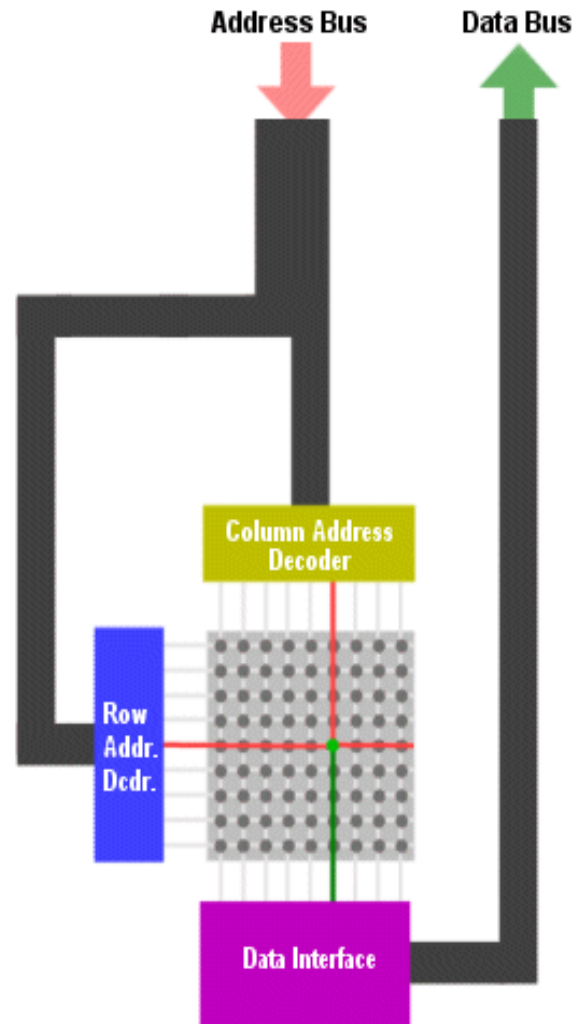
**Problema: FATOR DE FORMA ou ALTURA >> LARGURA**



# Matriz de Memória

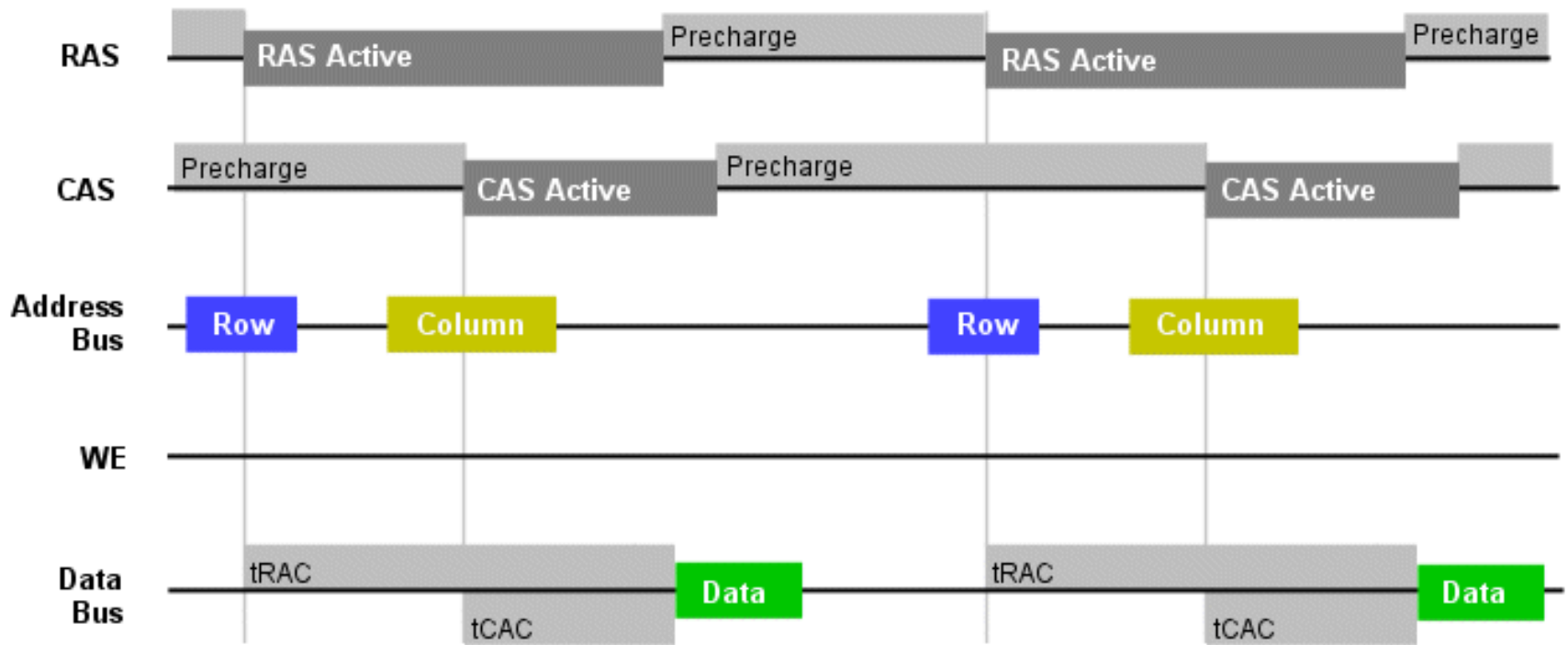


# Acesso à Memória

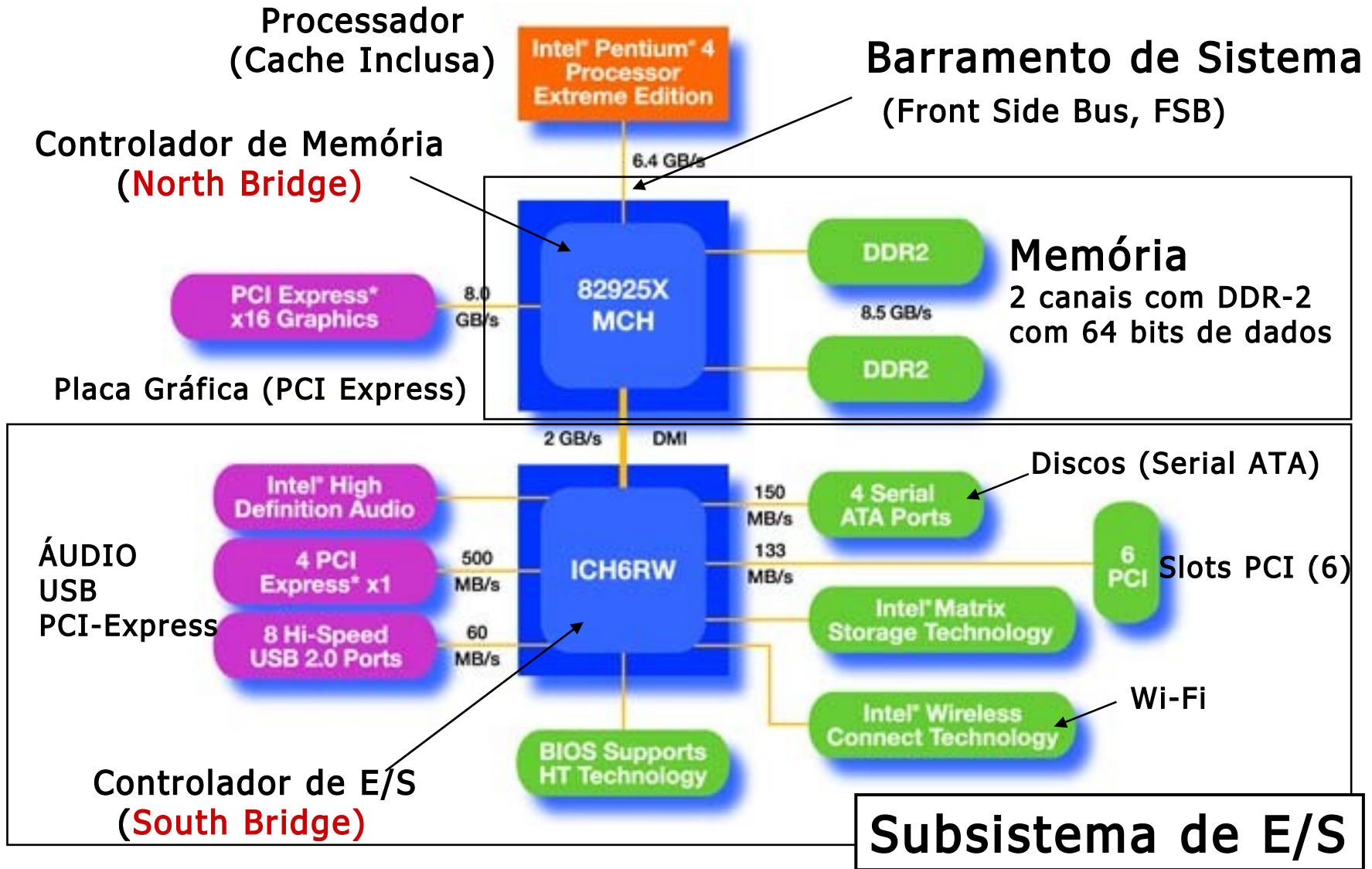


# Acesso à Memória

## DRAM Read



# Intel Pentium 4

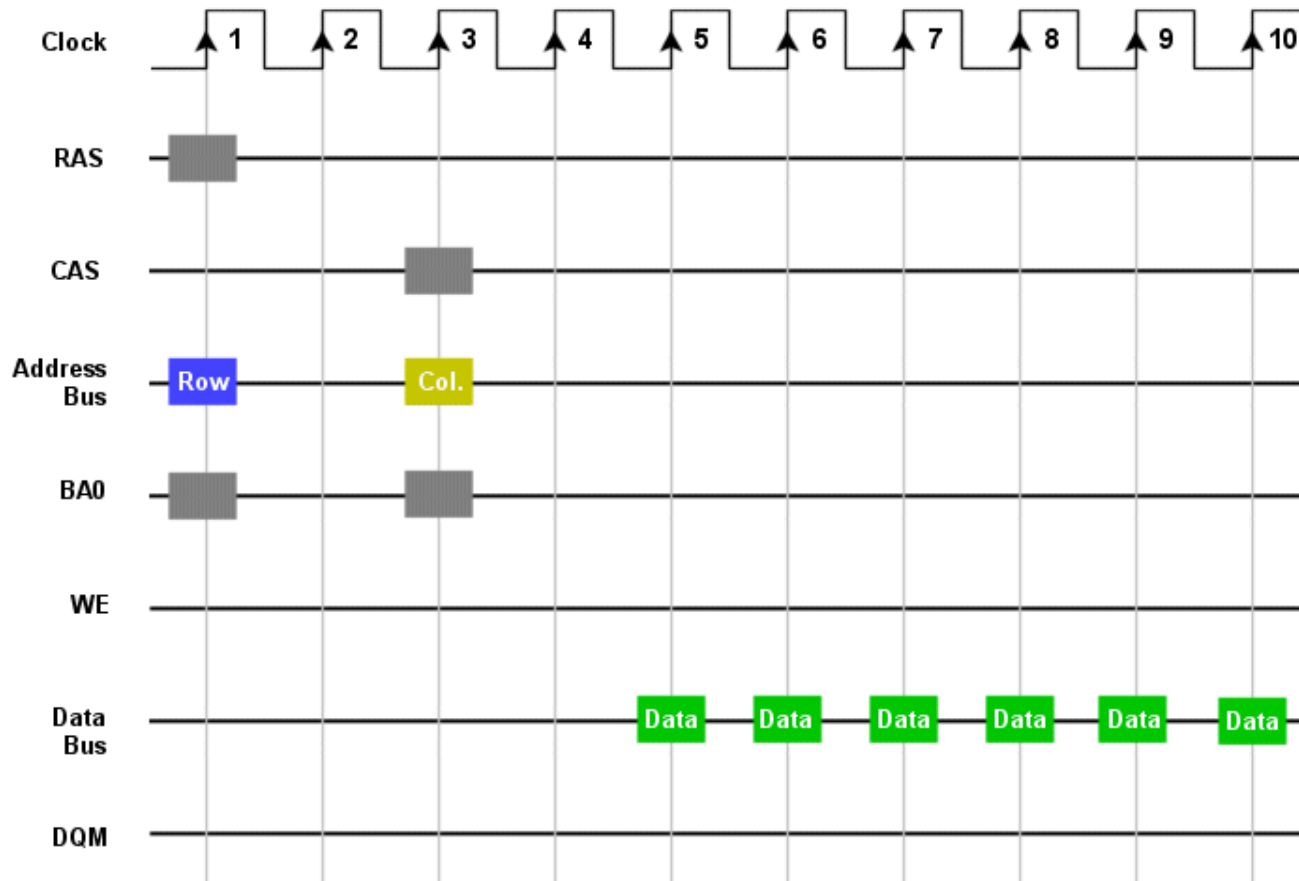


# Memórias Síncronas

- 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

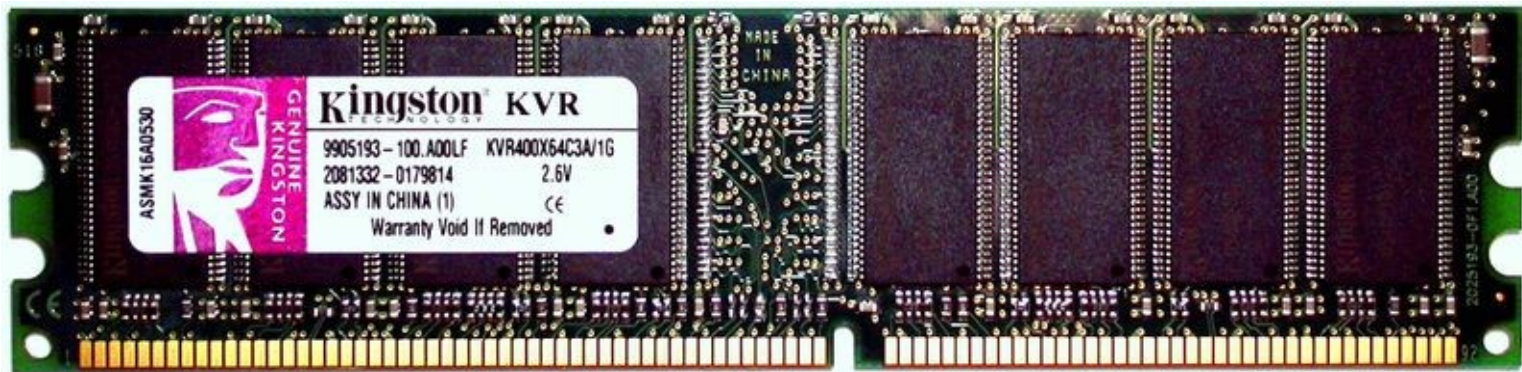
## SDRAM Read



# 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



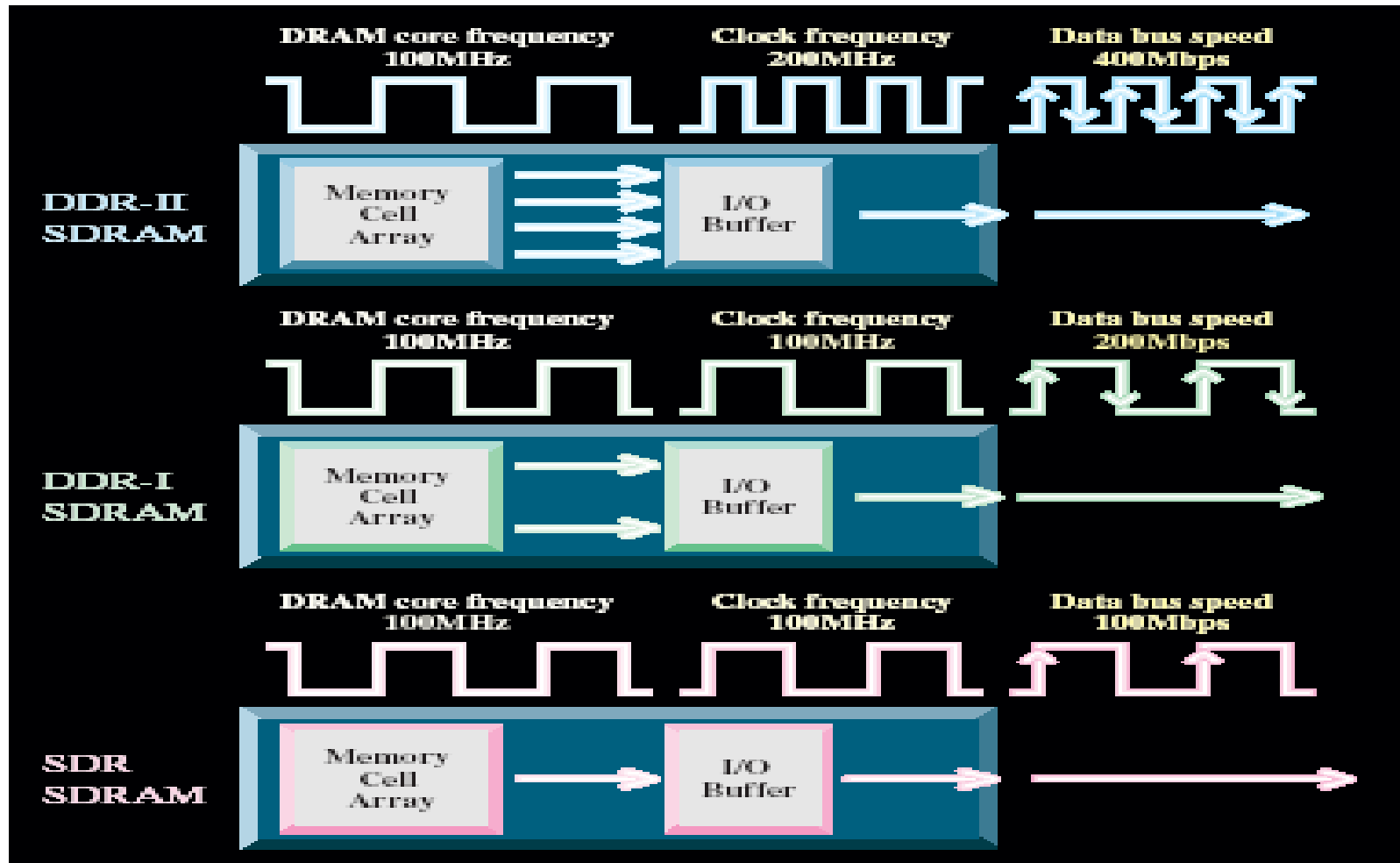
# Memórias DDR

- 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 frequência da interface de barramento do processador (*front side bus*).
- Assim, uma célula de memória DDR-200 opera na realidade com uma frequência de relógio de apenas 100 MHz e possui uma largura de banda de cerca de 1600 MB/s.

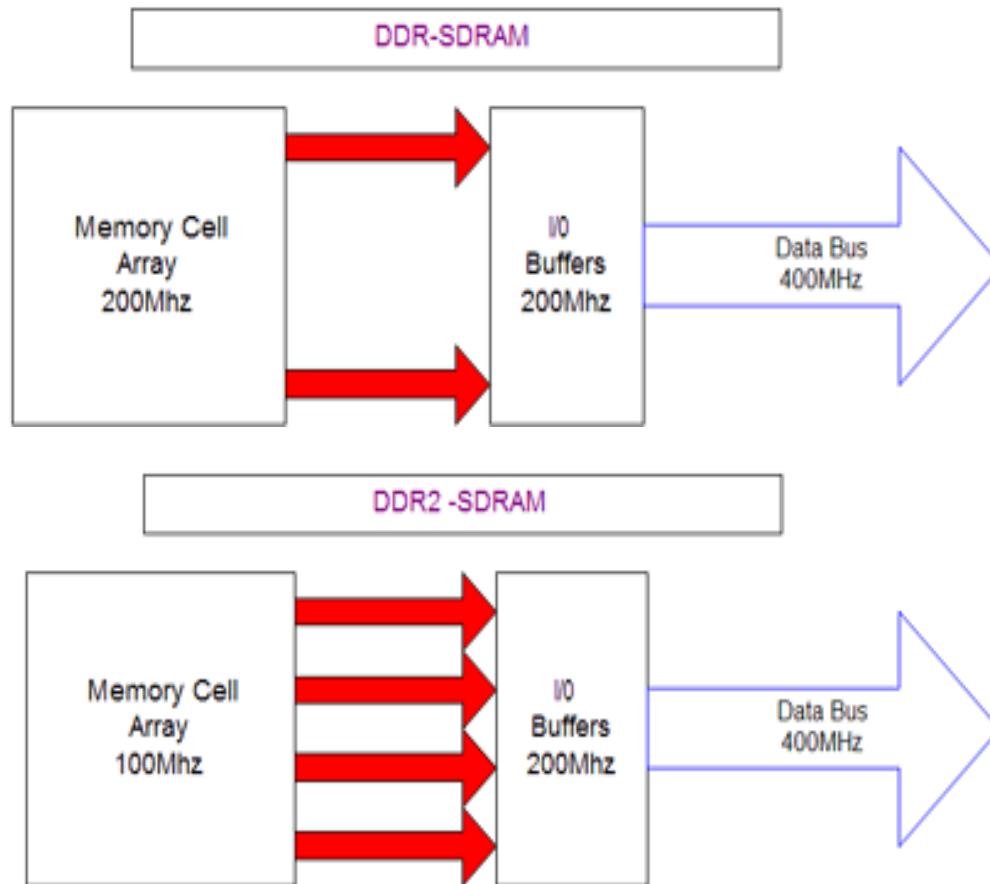
# Memórias DDR2

- 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 frequência 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 frequência, 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 frequência 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

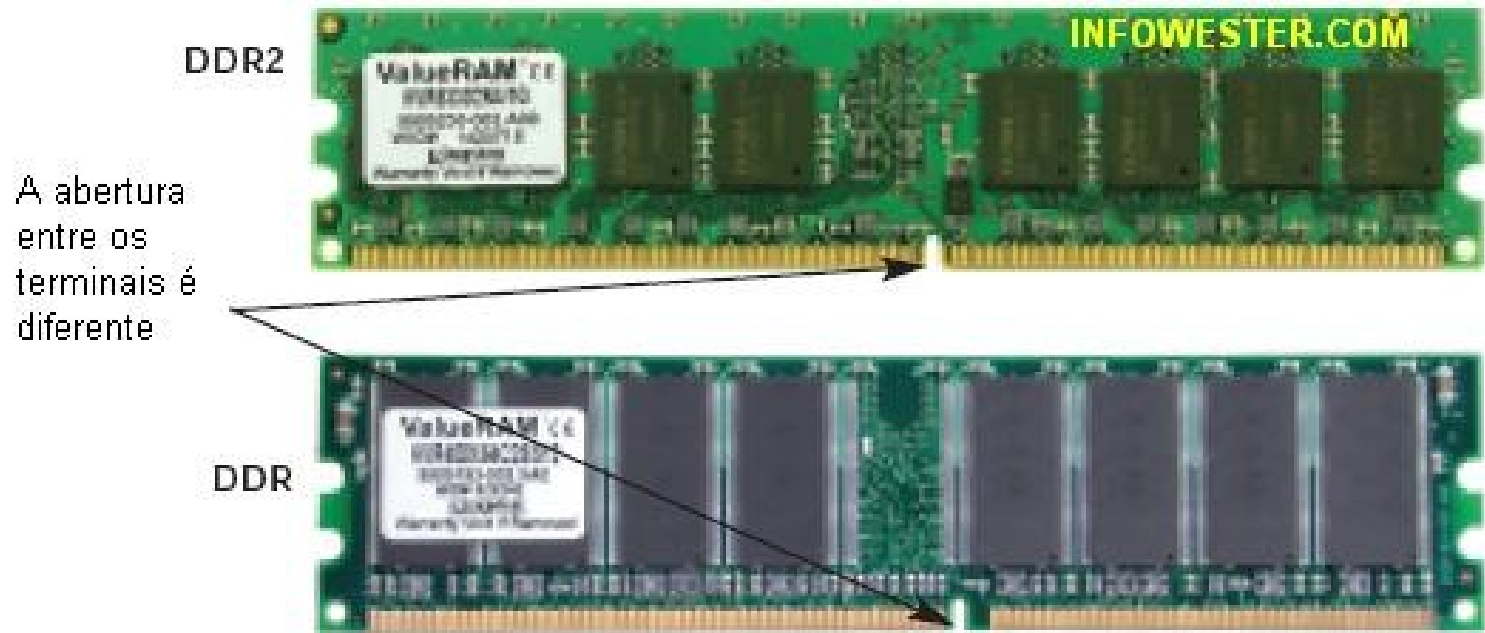
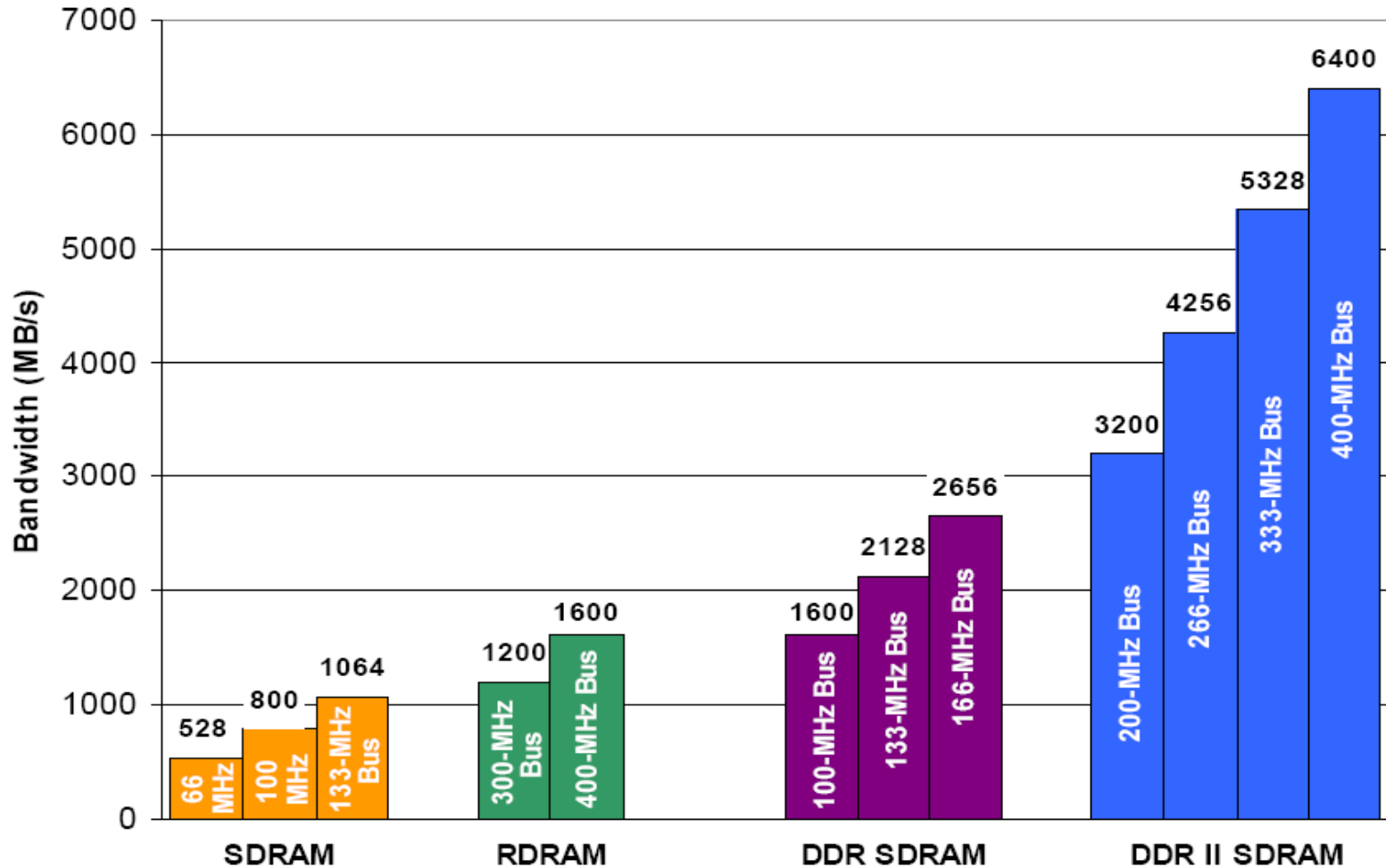


Imagem por Kingston Technology

# Memórias DRAM

<b>Memória</b>	<b>Velocidade</b>
• 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



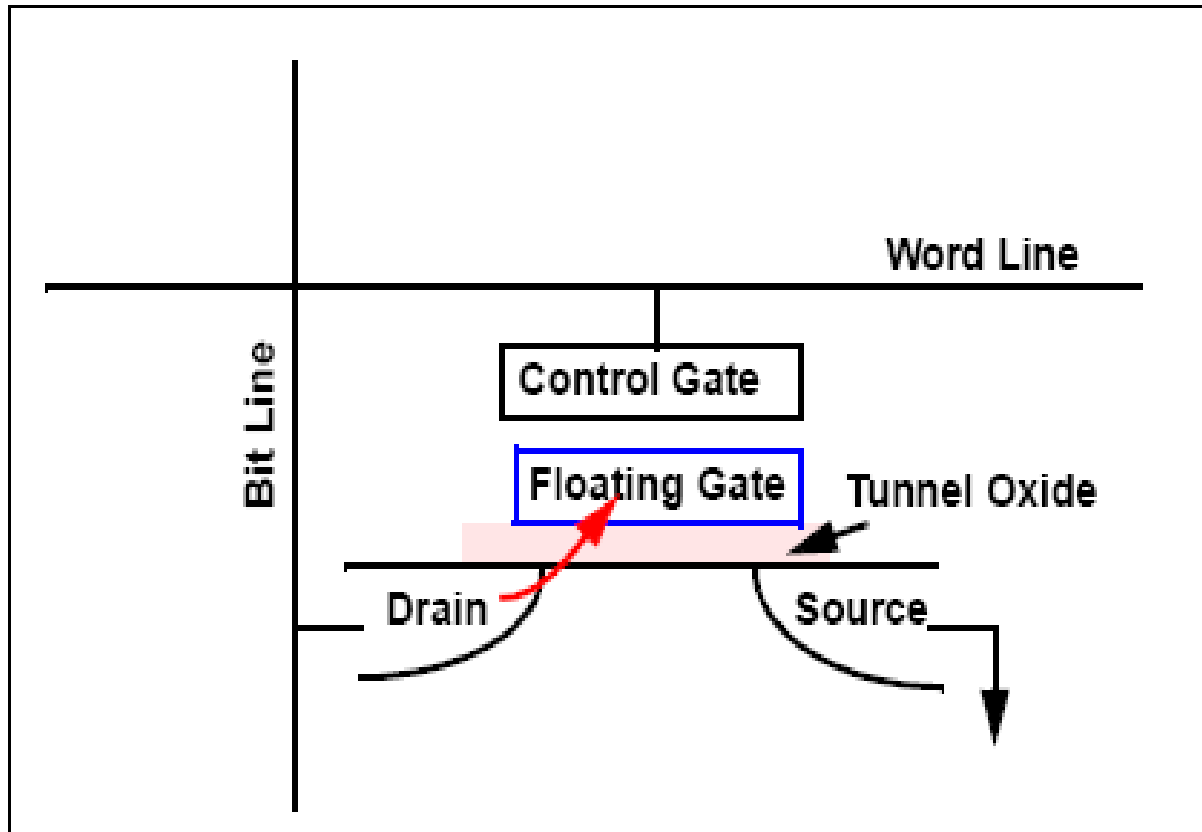
# Memórias Flash

- 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.

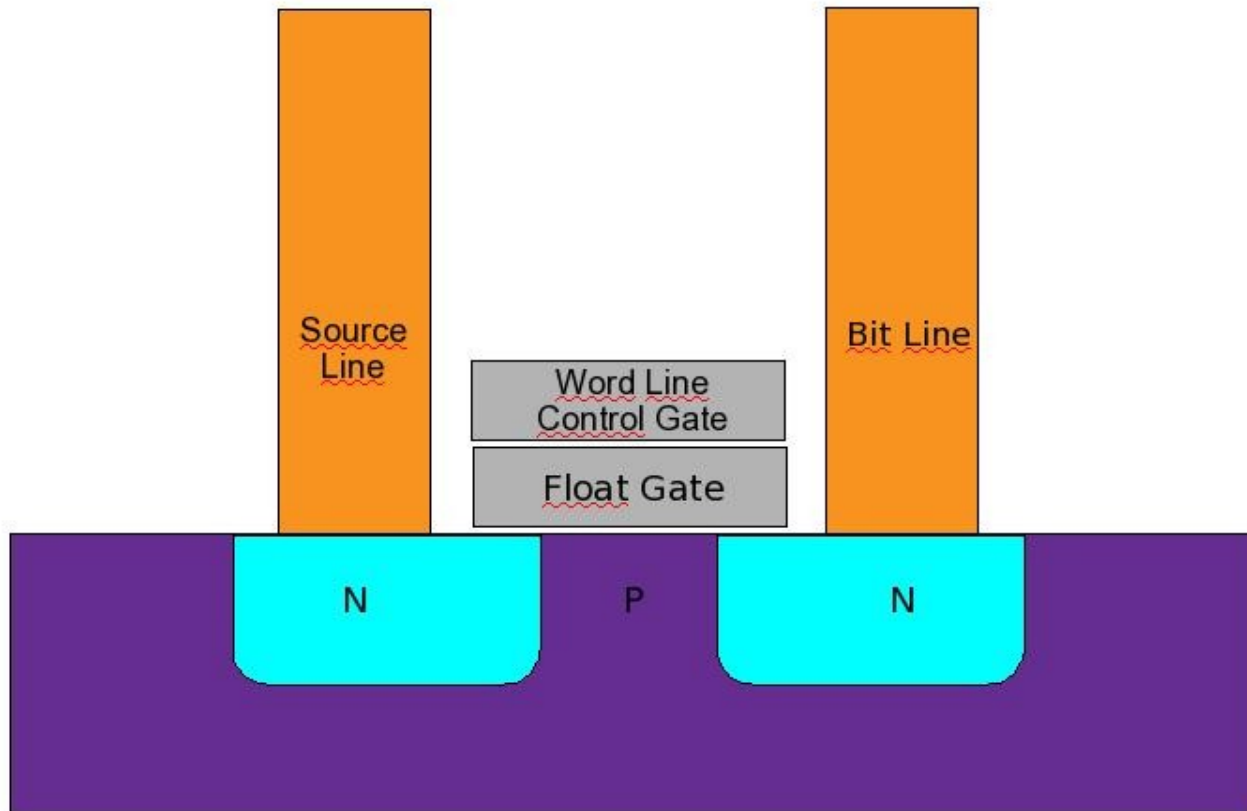
# Memórias Flash

- 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 flashes pode ser lidas e escritas aleatoriamente, mas não oferecem este tipo de facilidade para operações de re-escrita ou apagamento.

# Memórias Flash



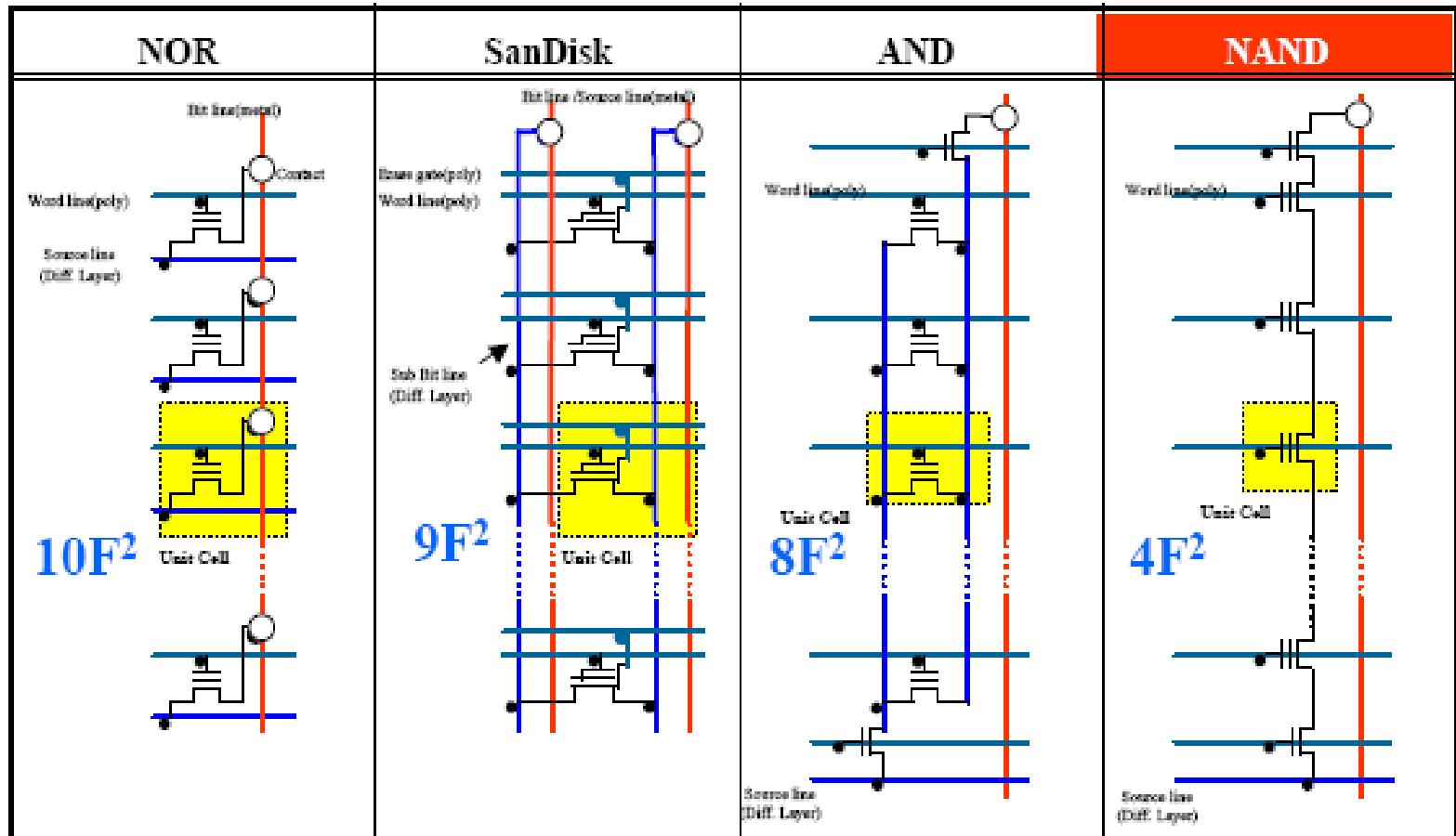
# Memórias Flash



# 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 frequência.
- 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

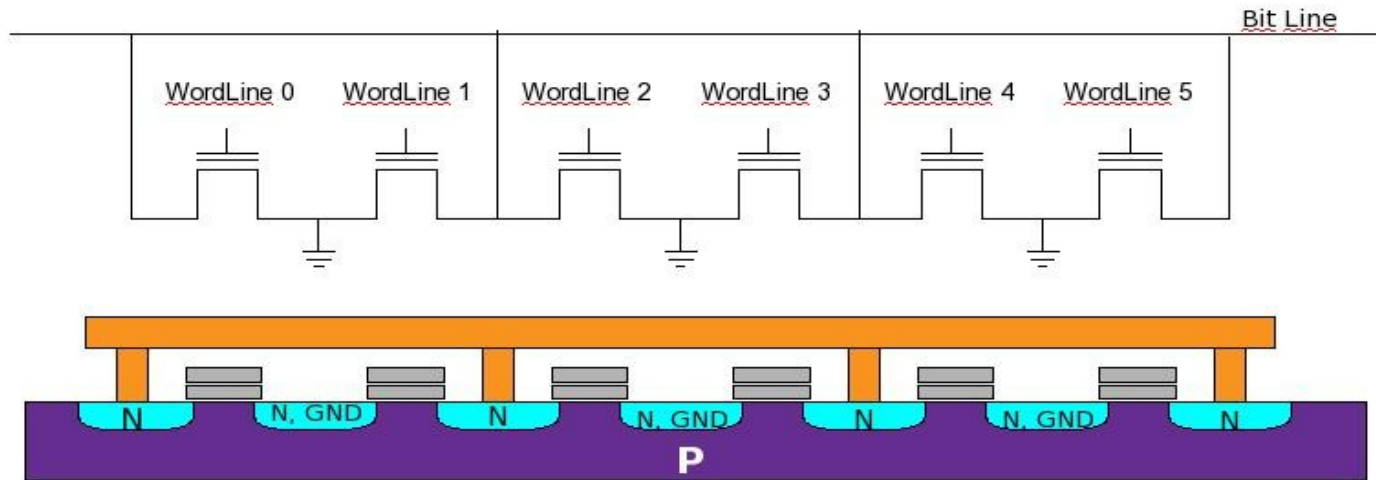
# Memórias Flash

	<b>NAND</b>	<b>NOR</b>
Cell Array	<p>Word line</p> <p>Unit Cell</p> <p>Source line</p>	<p>Word line</p> <p>Unit Cell</p> <p>Source line</p> <p>Bit line</p> <p>Contact</p>
Layout	<p>2F</p> <p>2F</p>	<p>2F</p> <p>5F</p>
Cross-section		
Cell size	<b><math>4F^2</math></b>	<b><math>10F^2</math></b>

# 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 memórias 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.

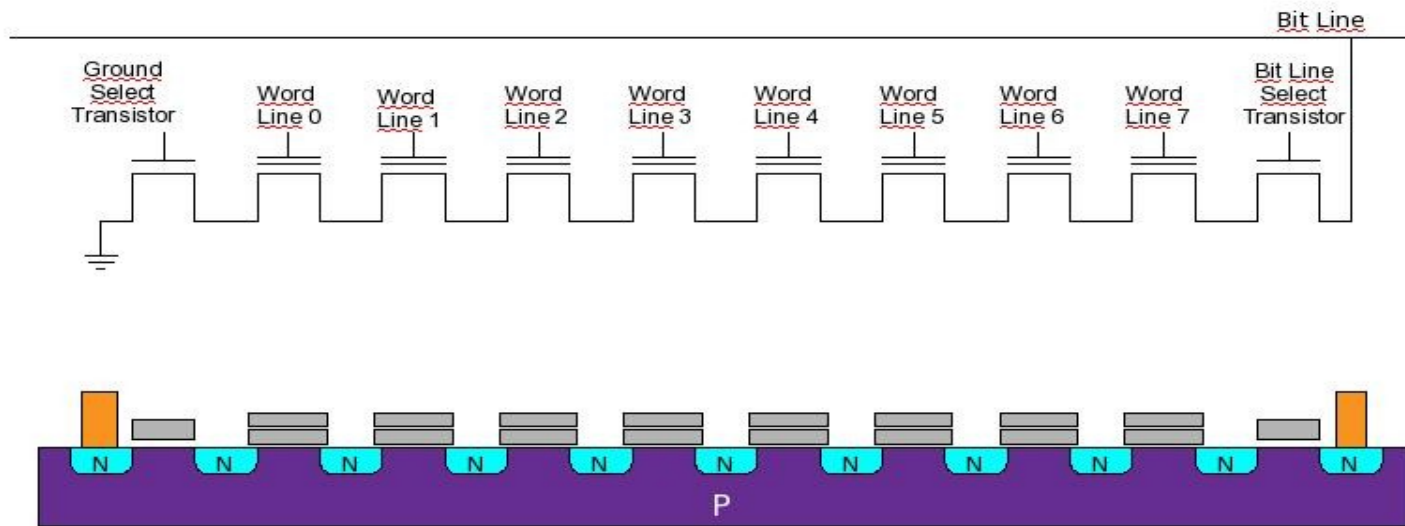
# Memórias Flash (NOR)



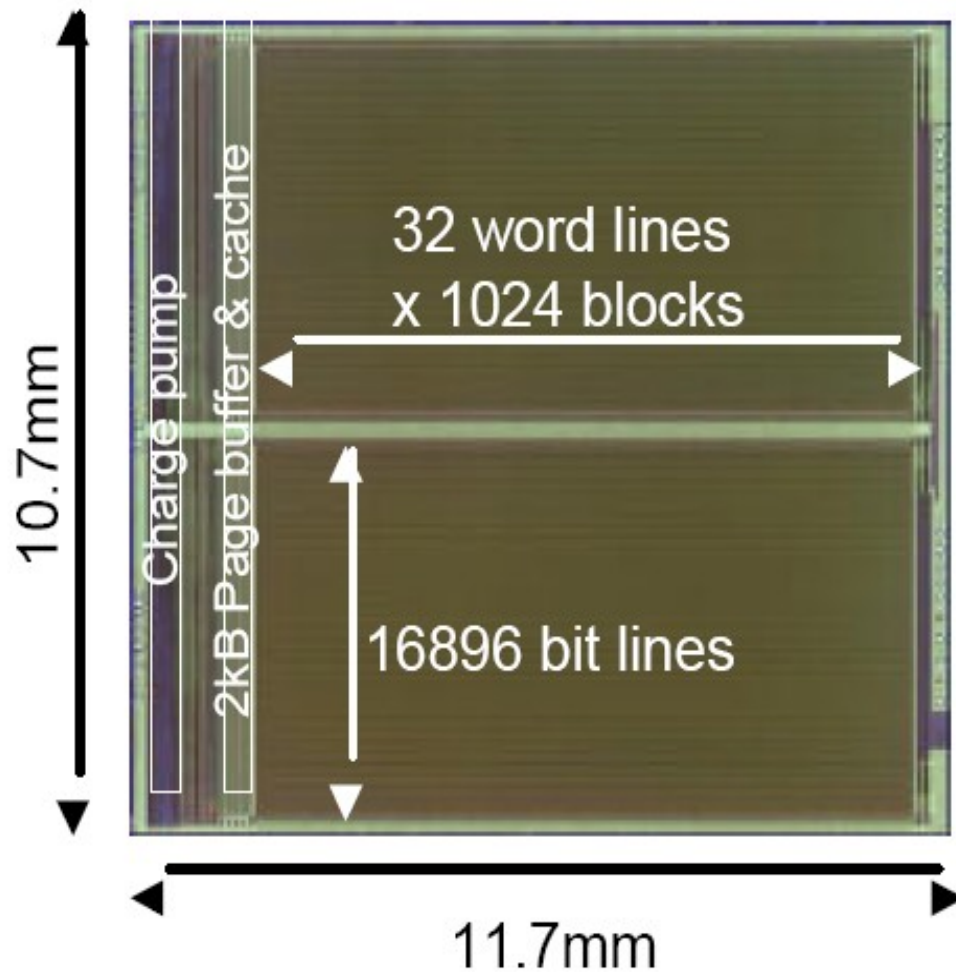
# Memórias Flash (NAND)

- 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)

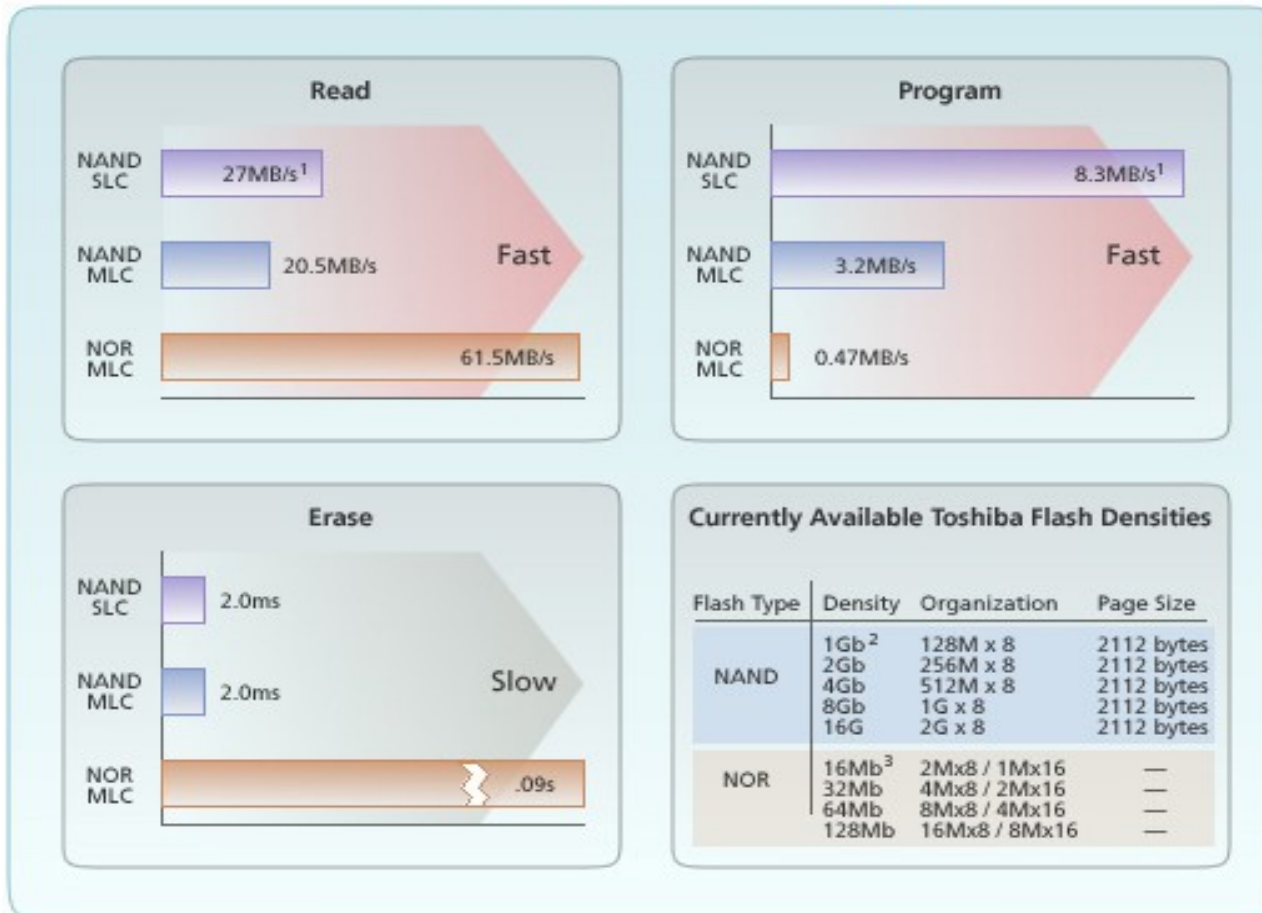


# 1Gbit NAND Flash



# Memórias Flash (NOR x NAND)

## NAND vs. NOR Performance Comparison



# Memórias Flash (NOR x NAND)

[http://en.wikipedia.org/wiki/Flash\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory)