



Memórias

Tipos, Aplicações, Tecnologia

Objetivos

- ◆ Memórias – definição
- ◆ Materiais semicondutores
- ◆ Circuitos integrados
- ◆ Tipos de Memória
- ◆ Tecnologias

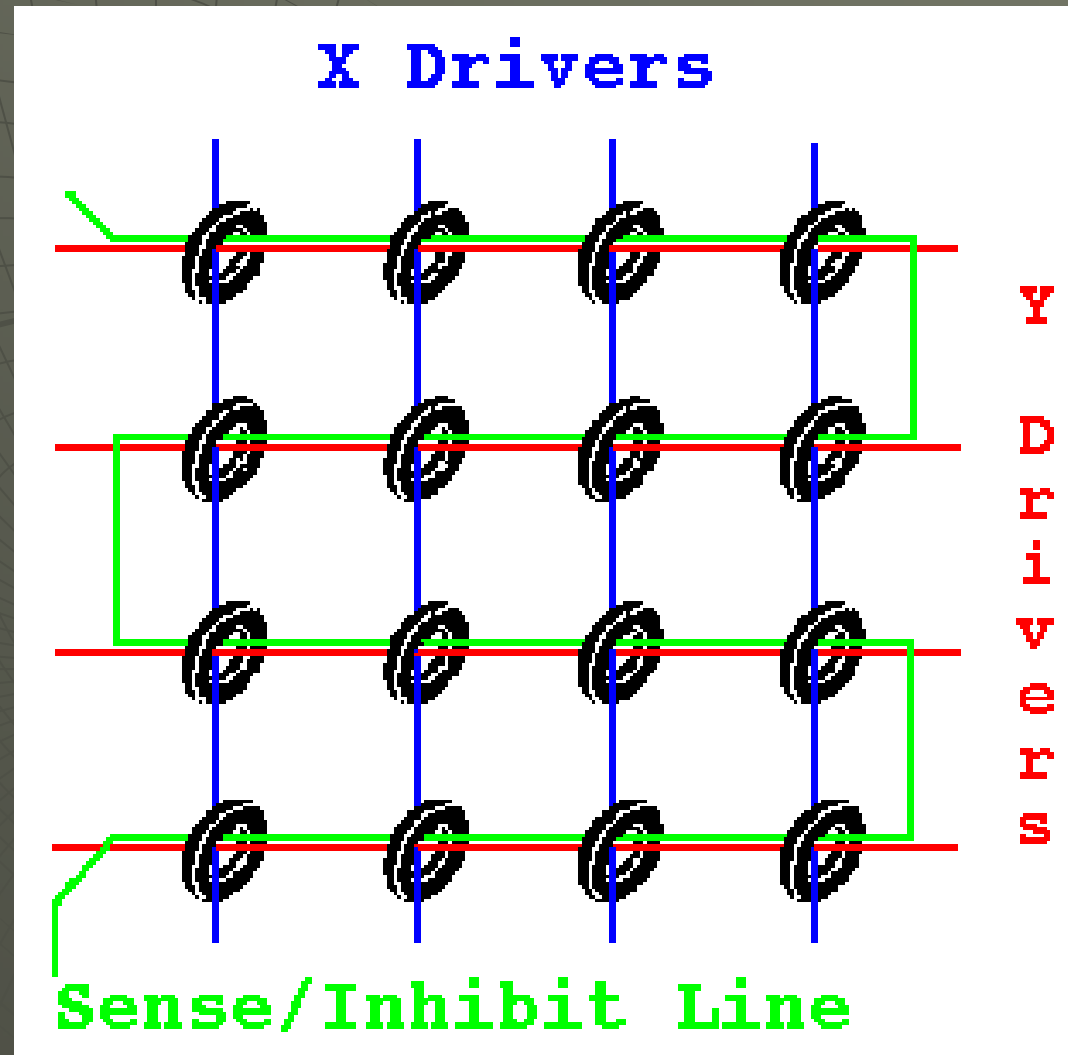
Memórias - Definição

- ◆ Dispositivo destinado a armazenar dados para uso de outro dispositivo
 - ex.: computador
- ◆ Armazenamento é **binário**
 - 1 ou 0
 - “ligado” ou “desligado”

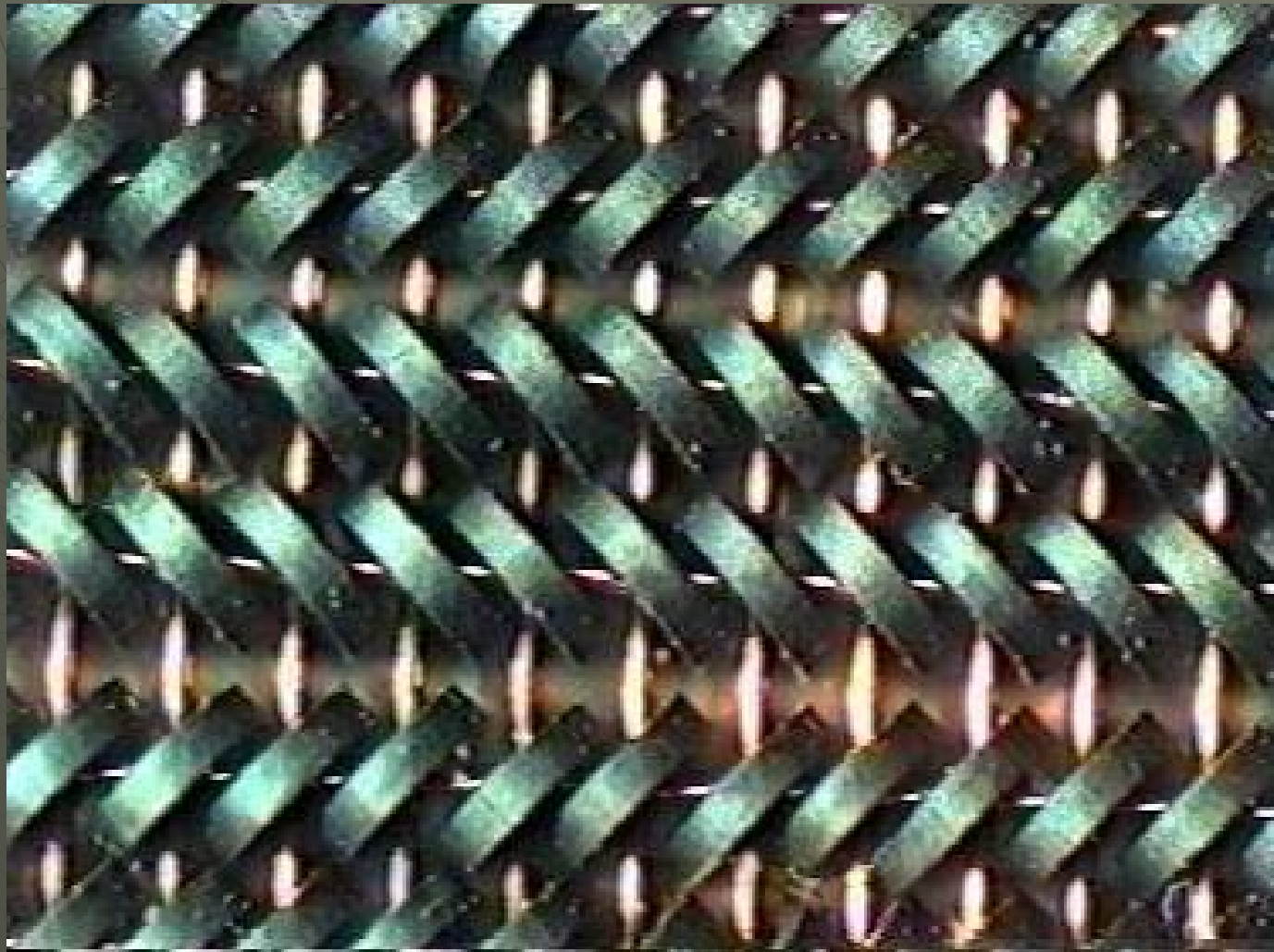
História

- ◆ 1940 – tubos de raios catódicos (CRT) usados como memória
 - Tamanho típico: 4KB
- ◆ 1951 – memórias de núcleo magnético (*magnetic core memory*)
 - ◆ Jay Forrester (MIT)
 - não-volátil
 - lenta
 - usada até meados de 1970

Magnetic Core Memory



Magnetic Core Memory



Fonte: <http://www.psych.usyd.edu.au/pdp-11/core.html>

História

◆ 1970 –

- Introdução do *circuito integrado*
- Baseado em semicondutores, tornou-se o padrão de fabricação de memórias

Materiais Semicondutores

- ◆ Germânio, silício, selênio, arseneto de gálio
- ◆ Condutividade intermediária entre condutores e isolantes
- ◆ Condução dá-se através de elétrons ou “lacunas”

Condutores, Semi- e Isolantes



Mar de Elétrons

Íons Positivos

The diagram illustrates a metal conductor. It features a cluster of orange dots representing positive ions, with a light blue box labeled 'Íons Positivos' below them. To the right, a larger area is labeled 'Mar de Elétrons' (Sea of Electrons), representing the free electrons in the metal.

Condutor Metálico



The diagram shows a semiconductor crystal lattice structure. It consists of a network of black dots (atoms) connected by white lines, forming a tetrahedral arrangement. This structure is positioned between the metal conductor and the insulator.

Semicondutor



The diagram shows an insulator (diamond) crystal lattice structure. It consists of a network of black dots (atoms) connected by white lines, forming a tetrahedral arrangement. This structure is positioned to the right of the semiconductor.

Isolante
(Diamante)

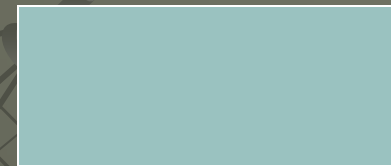
Teoria das Bandas

- ◆ Energia de um elétron é *quantizada*
- ◆ Elétrons num sólido interagem entre si, gerando vários níveis energéticos possíveis
 - Somatório de funções de onda
- ◆ Muitos níveis próximos formam “*bandas*”, separadas por espaços chamados “*zonas proibidas*”

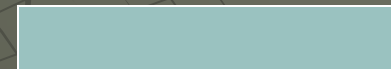
Formação das Bandas

Nível
Energético

1 elétron



Banda de Energia



Vários elétrons
em um sólido



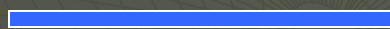
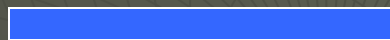
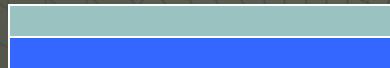
Vazio



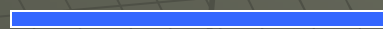
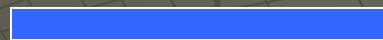
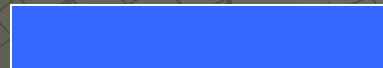
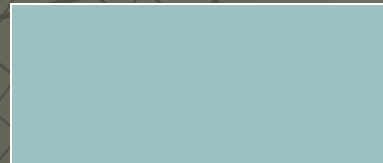
Cheio

Banda de
Condução

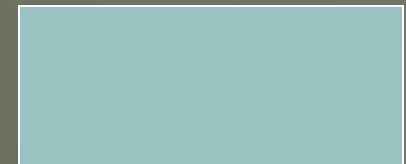
Banda de Valência



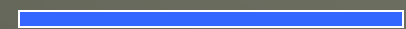
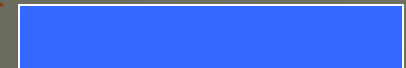
Condutor



Semi-condutor



Zona Proibida



Isolante

Dopagem

- ◆ Processo de inserir impurezas no sólido semicondutor para alterar-lhe as características de condução
- ◆ Substituição de um átomo original por outro, criando um *elétron* fracamente preso no núcleo ou uma *lacuna* (região aceitadora)

Semicondutores

Silício

Germânio



Semicondutores



Silício

Germânio

Semicondutores



Silício

Germânio

The background of the slide is a dark gray. On the left side, there is a large, faint wireframe sphere. A small, dark, 3D object, resembling a mechanical part or a small structure, is positioned on the surface of the sphere, slightly to the right of the center. The sphere's grid lines are visible, creating a sense of depth and curvature.

Semicondutores

Silício

Germânio

The background features a dark gray sphere with a white grid of latitude and longitude lines. A small, dark, cylindrical object with a pointed tip is positioned on the sphere's surface, with several thin lines radiating from its base across the grid.

Semicondutores

Silício

Germânio

Semicondutores

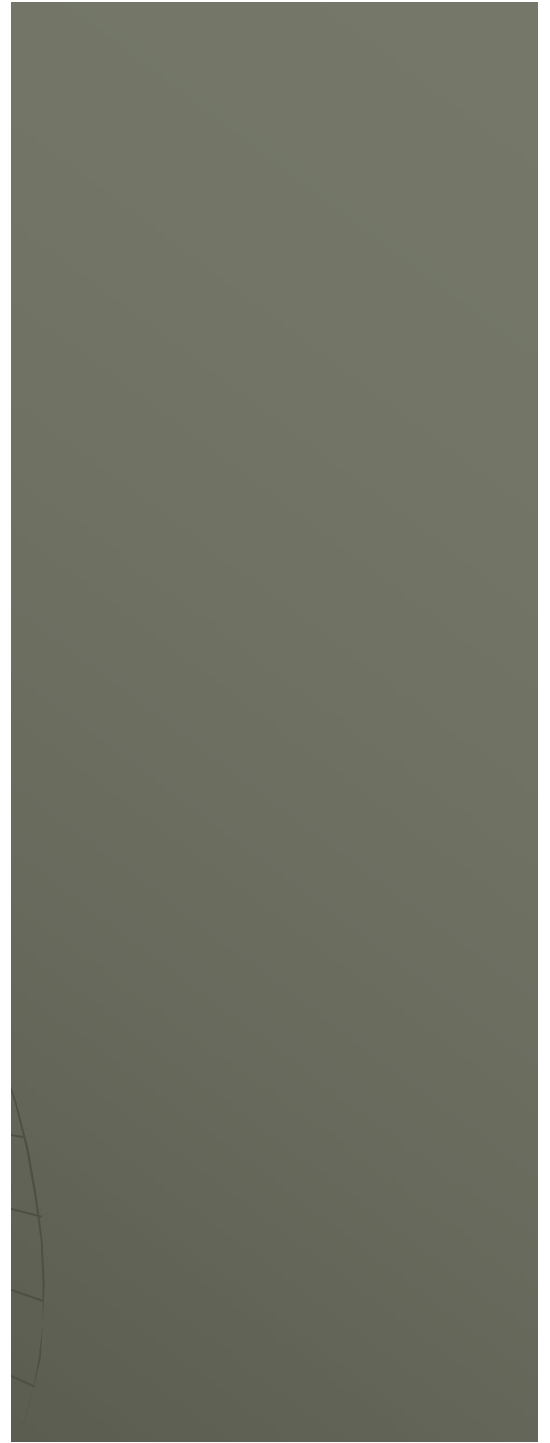
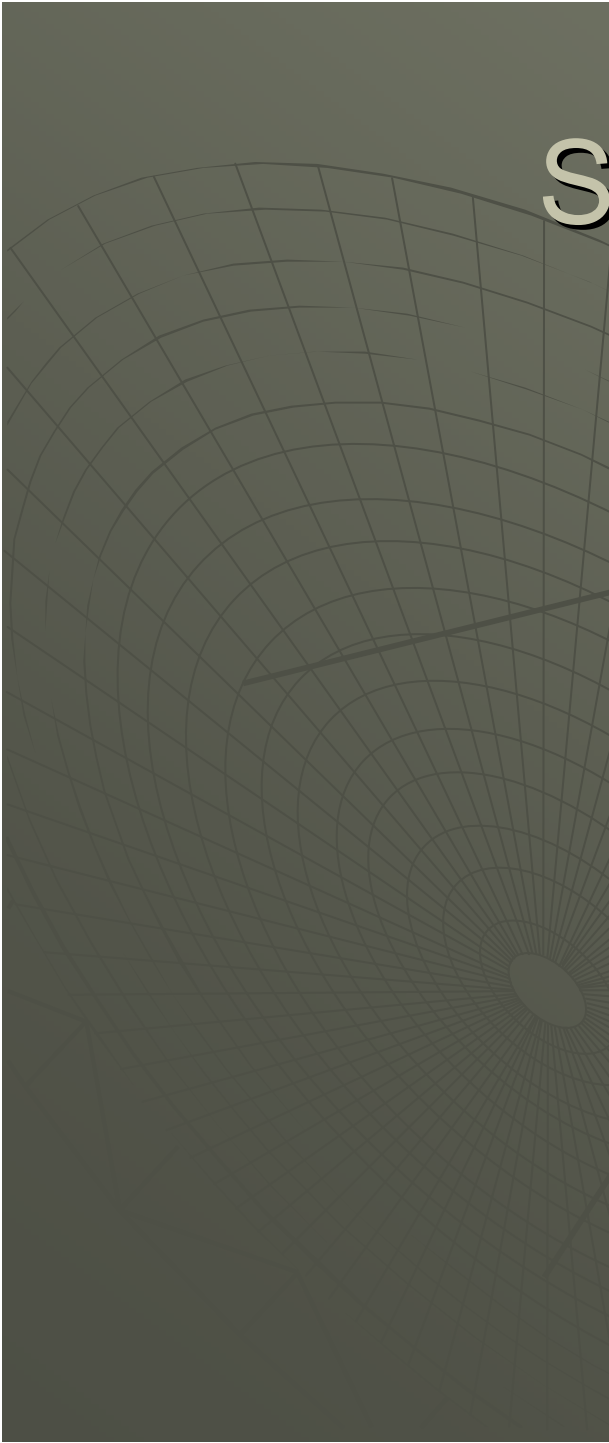
Silício

Semicondutores

Semicondutores

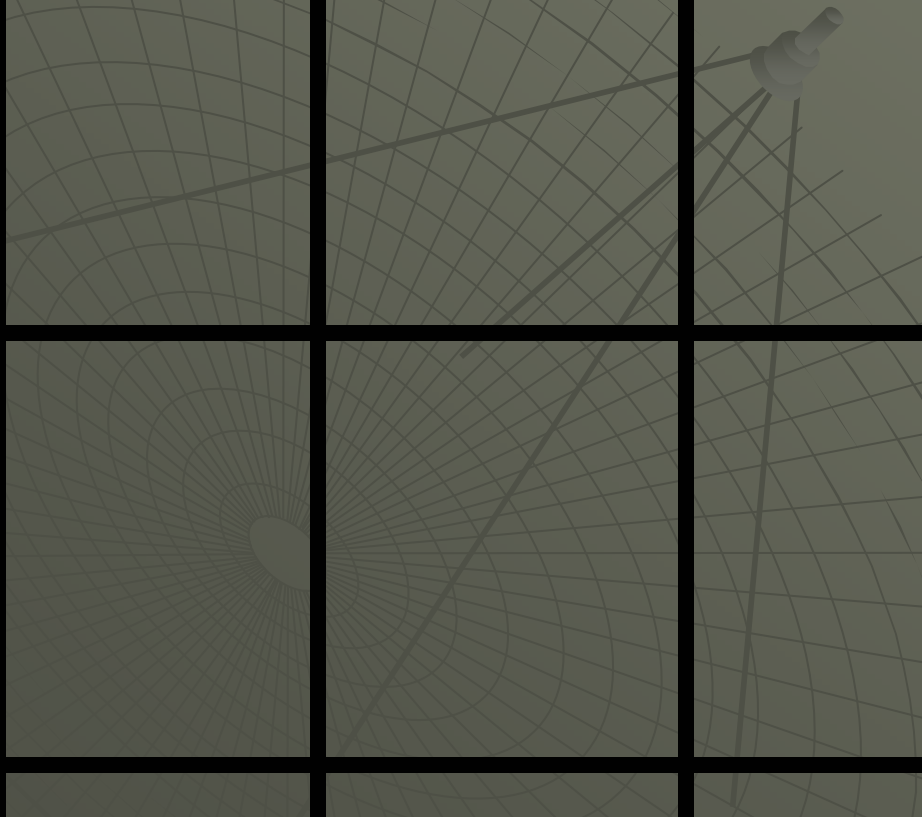
ilíc

rmân



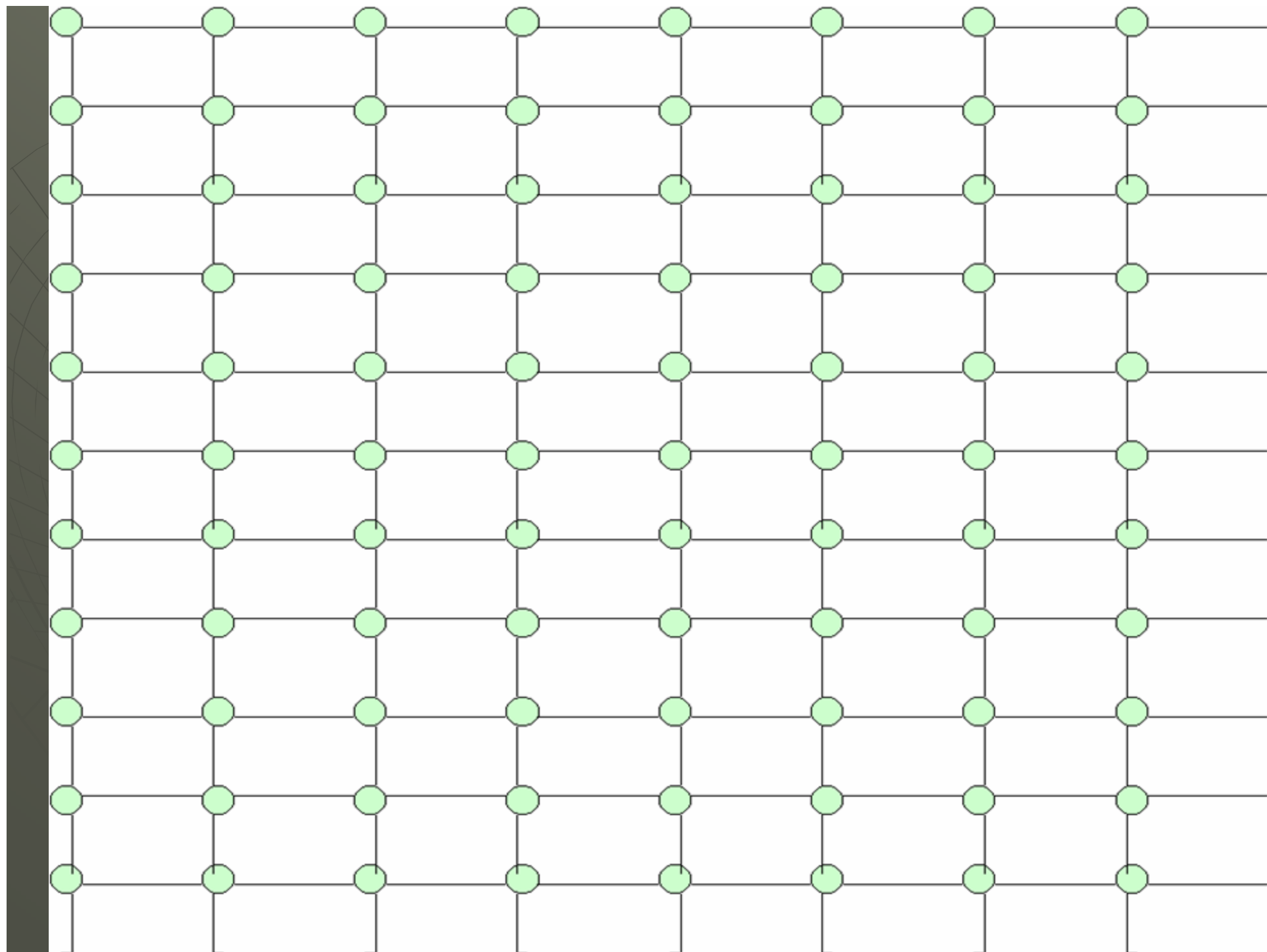


Semicondutores

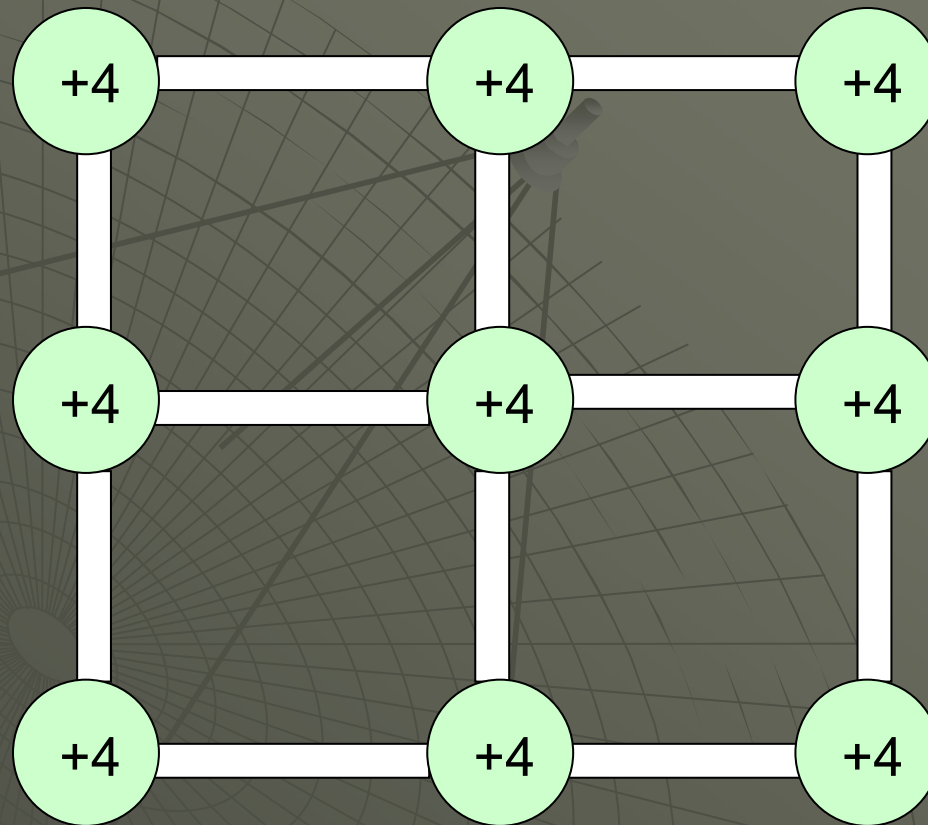


Semicondutores

The background of the slide is a dark gray. It features a grid of 8 columns and 10 rows of small, light green circles. Overlaid on this grid is a faint, light gray image of a globe. A semi-transparent microscope is positioned in the center-right of the slide, with its lens pointing towards the left. The word "Semicondutores" is written in a large, light gray, sans-serif font across the upper middle of the slide.

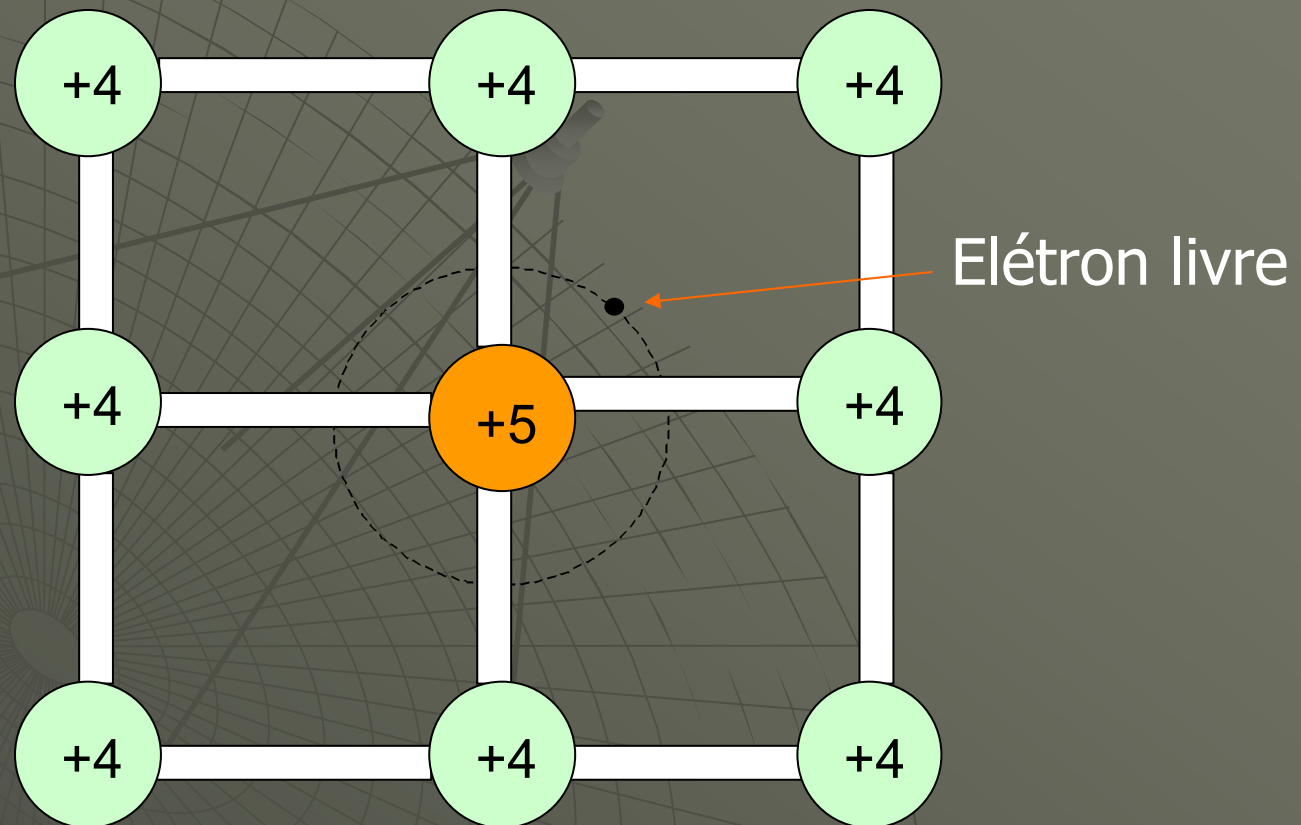


Semicondutores



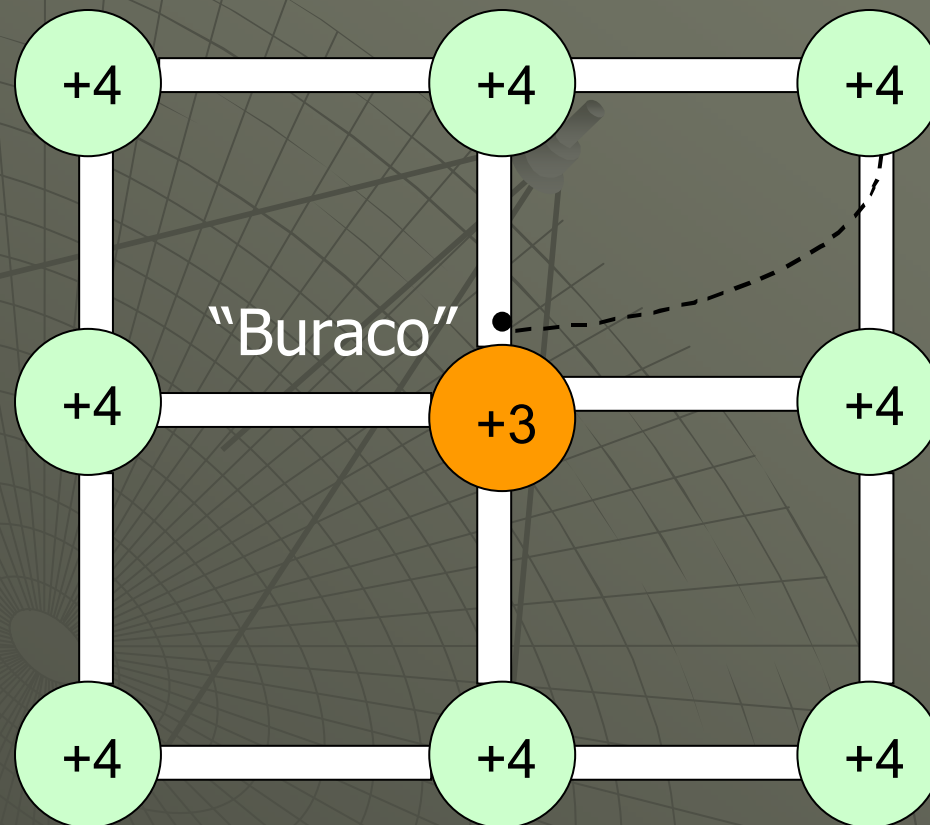
Rede do Silício (bidimensional)

Dopagem



Dopagem com Fósforo (semicondutor tipo n)

Dopagem



Dopagem com Alumínio (semicondutor tipo p)

Dopagem

- ◆ Durante o crescimento do cristal
- ◆ Por liga
- ◆ Por difusão
- ◆ Por implantação iônica

Semicondutores Principais

◆ Germânio

- Previsto por Dmitry Mendeleev (1871)
- Descoberto (1886) Clemens Alexander Winkler
- Encontrado em minérios de zinco, pó de carvão e águas do mar

Semicondutores Principais

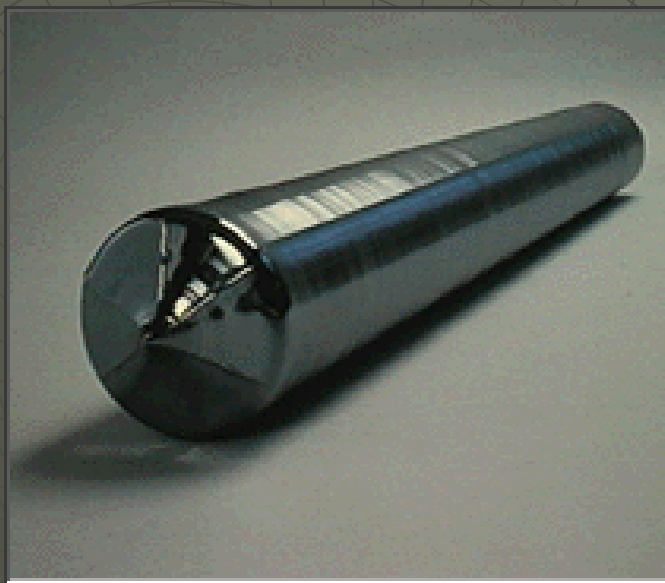
◆ Silício

- Segundo elemento mais abundante na Terra (28% da crosta terrestre)
- Isolado pela primeira vez por Baron Jöns Jakob Berzelius (1823)
- Rochas e minérios como quartzo, feldspato e mica

Circuitos Integrados

- ◆ Circuito eletrônico minúsculo, usado para executar uma função específica
- ◆ Fabricado a partir de uma lâmina de silício, cortadas a partir de um tarugo
 - Depósito de impurezas formam as junções *pn*, que formarão os “componentes”
 - Desenho por meio de feixe de elétrons

Tarugo de Silício



Tarugo

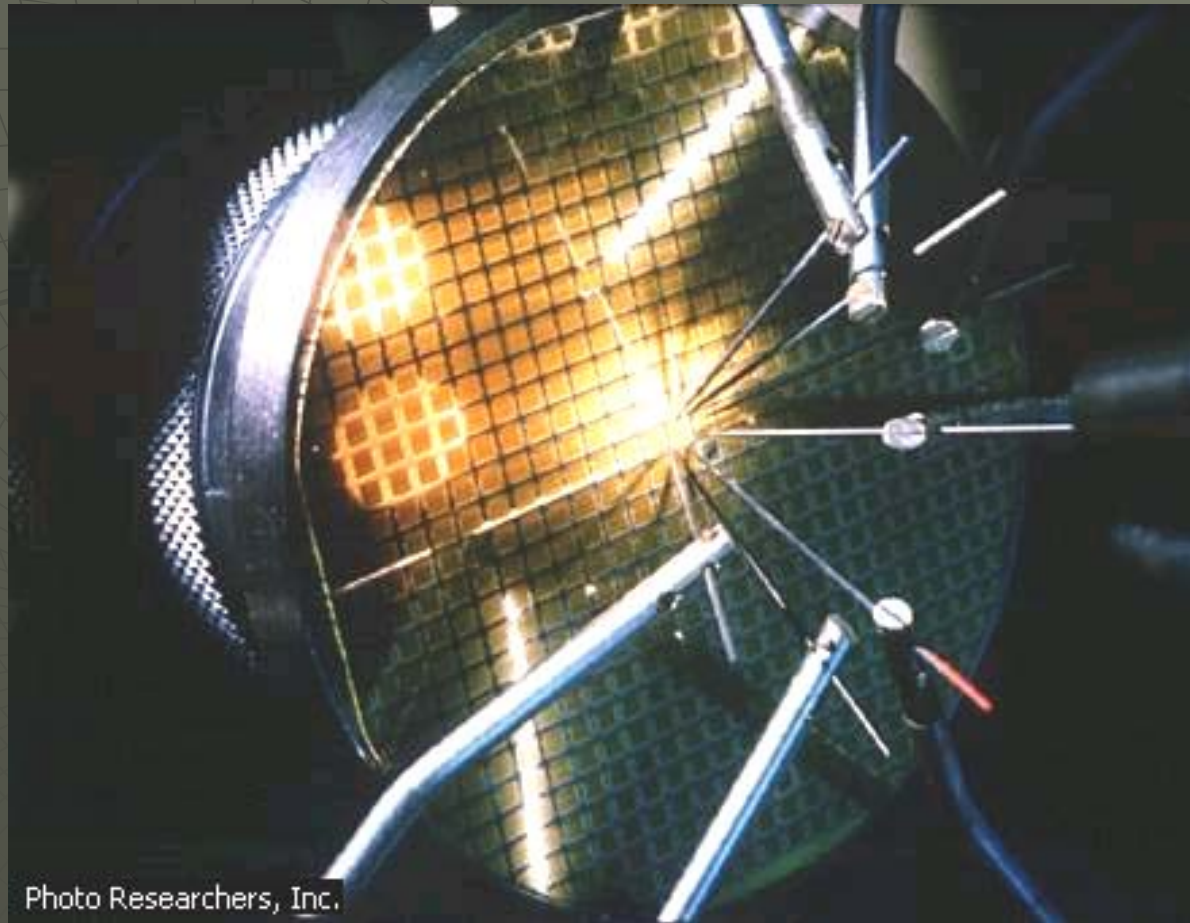


Crescimento do Cristal

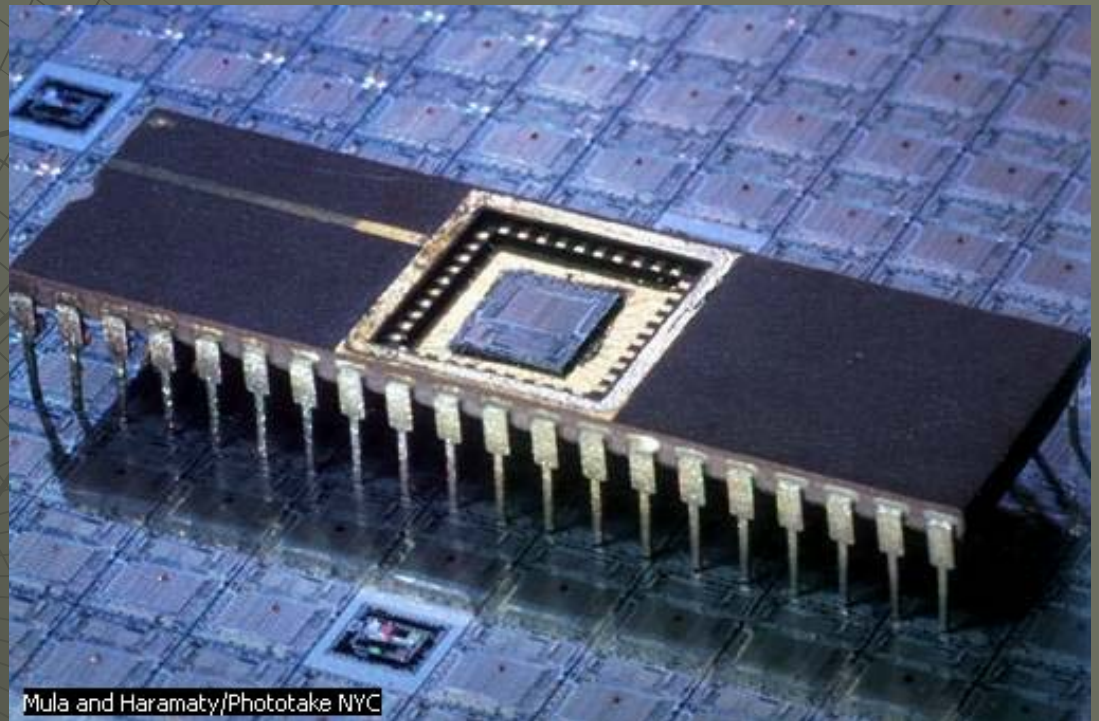
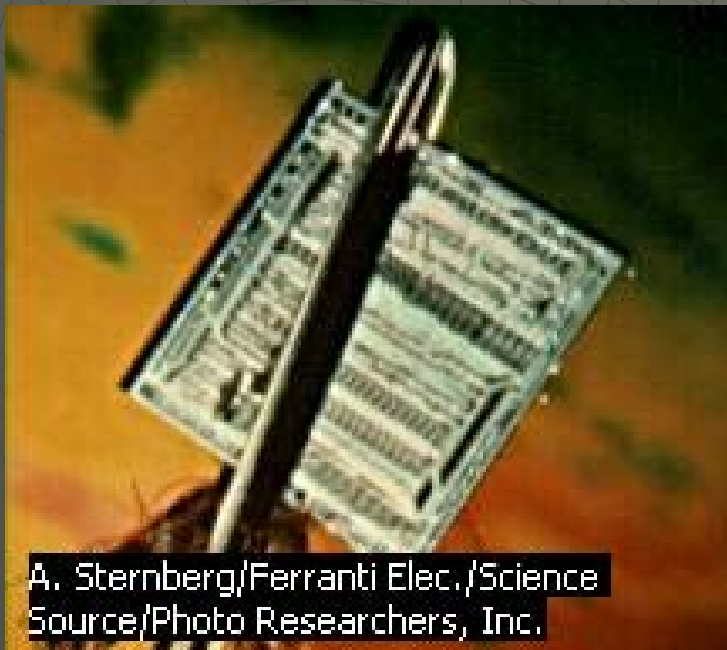
Circuitos Integrados

- ◆ Centenas de CI's são feitos de uma só vez na lâmina de silício (o *wafer*)
- ◆ O *wafer* é recortado, formando *chips* individuais
- ◆ LSI (Large Scale Integration)
 - 5.000 elementos de circuito
- ◆ VLSI (Very Large Scale Integration)
 - Pentium 3 -> 25 milhões de transistores
 - Cada transistor com 0,13 microns de diâmetro
 - ◆ (um fio de cabelo humano tem 30 microns)

Wafer



Chips



Memórias

- ◆ São pois circuitos integrados,
contendo transistores e também
capacitores semicondutores

Memórias - Tipos

◆ Não-Voláteis

- ROM
- PROM
- EPROM
- EEPROM
- Flash RAM

◆ Voláteis

- RAM estática
- RAM dinâmica

Não-Voláteis

- ◆ Não perdem os dados gravados ao cessar-se a alimentação elétrica
- ◆ Usadas para registro de dados por longo tempo e sem necessidade de atualização constante
- ◆ Mais lentas que memórias dinâmicas

Não-Voláteis: ROM

- ◆ Read-Only Memory
 - Somente de leitura, não permite gravação
 - Já deve ser fabricada com os dados a serem guardados
 - Computadores muito antigos tinham o sistema operacional gravado em ROM

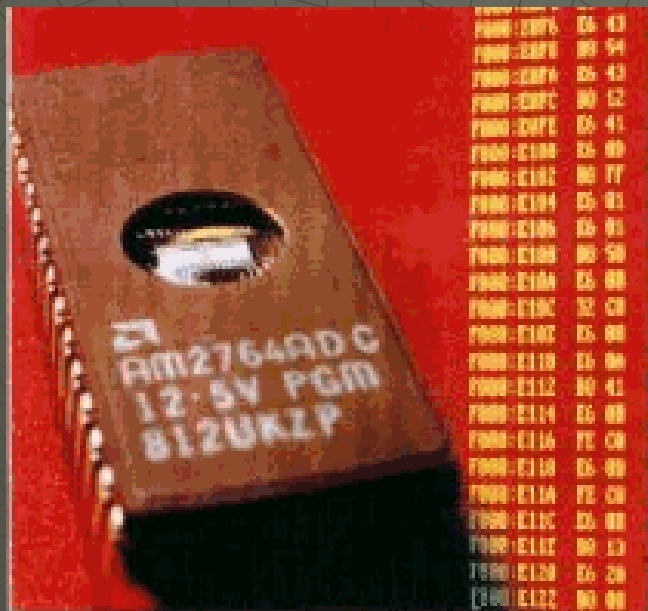
Não-Voláteis: PROM

- ◆ Programmable Read-only Memory
 - É fornecida virgem pelo fabricante
 - Grava-se os dados por meio de um equipamento especial
 - Grava-se todo o conteúdo de uma vez
 - Só permite uma gravação

Não-Voláteis: EPROM

- ◆ Erasable Programmable Read-only Memory
 - É uma PROM que pode ser apagada e reprogramada
 - Apagamento através de irradiação ultravioleta

Não-Voláteis: EPROM



EPROM



Apagador de EPROM

Não-Voláteis: EEPROM

- ◆ Electrically Erasable Programmable Read-only Memory
 - Pode ser apagada através da aplicação de uma tensão mais elevada que a tensão de operação, e então reprogramadas
 - Podem ser apagadas *in-loco*
 - Tem de ser apagada inteiramente

Não-Voláteis: Flash RAM

- ◆ É considerada não-volátil por ser constantemente alimentada por uma bateria
- ◆ Pode ser apagada e regravada em blocos, usando tensões baixas
- ◆ Largamente utilizadas
 - BIOS de computador
 - Telefones Celulares
 - Receptores de Satélite
 - Modems, etc.

Voláteis

- ◆ Usualmente chamadas de RAM's (Random Access Memory)
- ◆ Perdem os dados assim que a alimentação é cortada
- ◆ O acesso aos dados é feito de forma aleatória

Voláteis: RAM estática


- ◆ SRAM (Static Random Access Memory)
 - Armazena bits em células de transistores
 - Célula retém informação até que seja alterada
 - Extremamente rápidas e também caras
 - *cache*

Voláteis: RAM dinâmica

- ◆ DRAM (Dinamic Random Access Memory)
 - Tipo mais comum de memória para computadores
 - Células de armazenamento usam combinação de transistor com capacitor
 - Carga do capacitor precisa ser restabelecida periodicamente -> *refresh*

Como Opera a DRAM?

- ◆ Matriz de células
 - linhas
 - colunas
- ◆ Cada célula é feita de capacitores e transistores

A faint, dark gray grid pattern is visible in the background, consisting of concentric circles and radial lines, resembling a wireframe sphere or a polar coordinate grid.

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2		célula	célula			
3		célula	célula			
4						
5						
6						
7						
8						
9						
A						
B						



Coluna



Linha

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2		célula	célula			
3		célula	célula			
4						
5						
6						
7						
8						
9						
A						
B						

→ Coluna 2

→ Linha 3

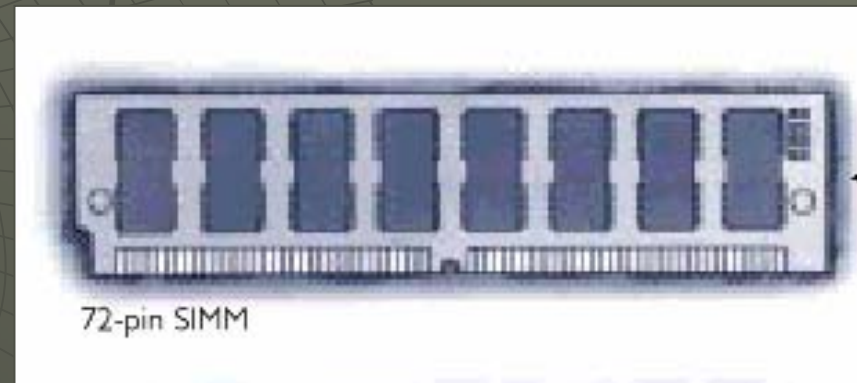
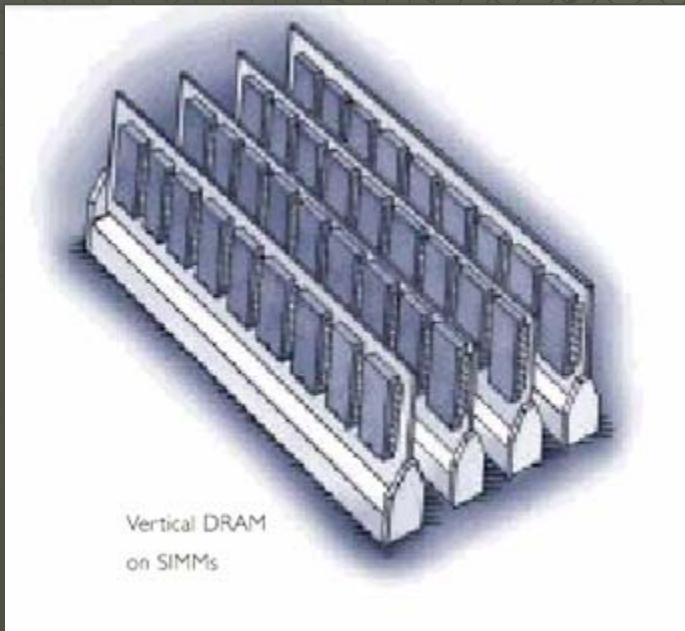


Célula 32

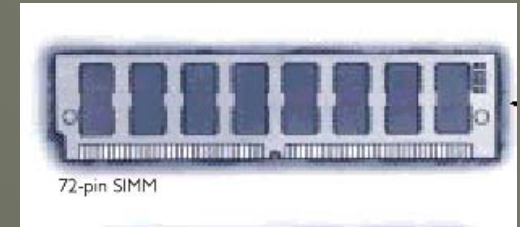


Encapsulamento

- ◆ Módulos ou “pentes”
 - ocupa menor espaço na placa mãe
 - possibilita expansão



Módulos SIMM

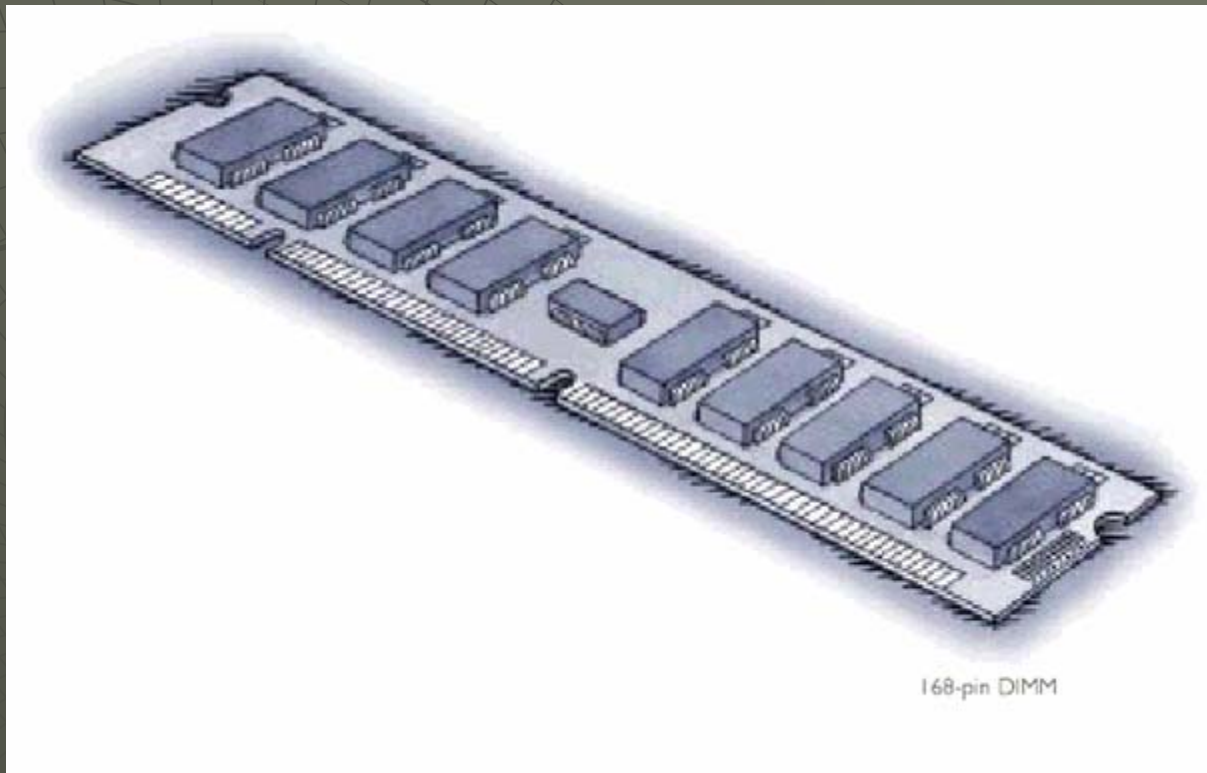


- ◆ *Single In-Line Memory Module*
- ◆ *30 pinos -> 8 bits de dados*
- ◆ *72 pinos -> 32 bits de dados*
- ◆ *CPU com bus 32 bits precisa de 4 módulos SIMM de 30 pinos*
- ◆ *CPU com bus 64 bits precisa de 2 módulos SIMM de 72 pinos*

Módulos DIMM

- ◆ *Dual In-Line Memory Module*
- ◆ *Pinos opostos de cada lado da placa de CI são isolados, formando conexões elétricas independentes*
- ◆ *168 pinos -> 64 bits de dados*

Módulos DIMM

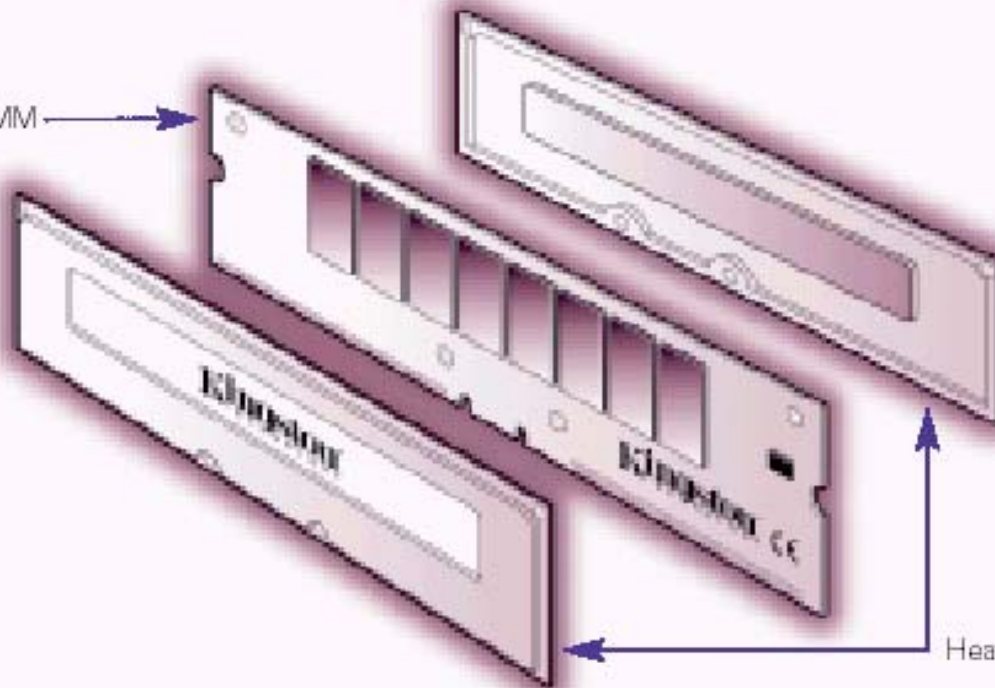


Módulos RIMM

- ◆ RIMM -> trademark do módulo de memória Direct Rambus
 - Tecnologia proprietária da Intel
- ◆ Transferem dados em blocos de 16 bits em frequência típica de 800MHz
- ◆ São muito rápidas e ainda muito caras

Módulos RIMM

16-Device Rambus RIMM



A 184-pin Direct Rambus RIMM shown with heat spreaders pulled away.

Heat Spreaders

Tipos de Operação e Tecnologias

◆ Assíncrona

- FPM
- EDO
- BEDO

◆ Síncrona

- JEDEC SDRAM
- SDRAM DDR ou SDRAM II
- ESDRAM ou Enhanced SDRAM
- DRDRAM ou Rambus
- SLDRAM ou SyncLink DRAM

Tipos de Operação de Memória

- ◆ Assíncrono
- ◆ Período de tempo mínimo é requerido para completar uma operação, e enquanto isso CPU precisa esperar
- ◆ Necessidade de geradores extras de pulso
- ◆ Necessidade de controles extras



Memórias Assíncronas

◆ Assíncrono

- FPM (Fast Page Mode)
- EDO (Extended Data Out)
- BEDO (Burst EDO)
 - ◆ (nunca existiu comercialmente)

Modo FPM

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2		célula	célula	célula	célula	
3		célula	célula	célula	célula	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
A						
B						

Modo FPM

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2		célula	célula	célula	célula	
3		célula	célula	célula	célula	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
A						
B						

Modo FPM

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2		célula	célula	célula	célula	
3		célula	célula	célula	célula	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
A						
B						

Página 3
Coluna 1
Célula 31

Modo FPM

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2		célula	célula	célula	célula	
3		célula	célula	célula	célula	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
A						
B						

Página 3
Coluna 3
Célula 33

Modo FPM

	0	1	2	3	4	5
0						
1						
2		célula	célula	célula	célula	
3		célula	célula	célula	célula	
4						
5						
6						
7						
8						
9						
A						
B						

Página 3
Coluna 4
Célula 34

Modo EDO

- ◆ Extended Data Out
 - Redução do número de processos para coletar um dado de uma célula de memória
 - Melhora de 40% na velocidade em relação às FPM

Modo BEDO

- ◆ Burst Extended Data Out
 - Modo *burst* ou “rajada”
 - Após receber um primeiro endereço da CPU, os próximos 3 endereços eram gerados internamente na memória
 - Performance semelhante a uma SDRAM de 66MHz
 - Projeto sepultado pela indústria, que já investia no padrão SDRAM

Tipos de Operação de Memória

◆ Síncrono

- DRAM trabalha regida pelo clock do sistema
- CPU não precisa esperar até que operações da DRAM se completem. Basta voltar após x ciclos e dados estarão disponíveis
- Clock do sistema é única informação de tempo necessária para DRAM: ausência de controles extras ou geradores de pulso

Memórias Síncronas

◆ Síncrono

- JEDEC SDRAM (Synchronous DRAM)
 - ◆ PC66 (66 MHz)
 - ◆ PC100 (100MHz)
 - ◆ PC133 (133MHz)
 - SDRAM DDR ou SDRAM II (Double Data Rate)
 - ESDRAM ou Enhanced SDRAM
 - ◆ cache embutido
 - DRDRAM ou Rambus
 - SLDRAM ou SyncLink DRAM
- } Protocolo

JEDEC SDRAM

- ◆ Joint Electronics Device Engineering Council SDRAM
 - Padrão de SDRAM usado na maioria dos computadores hoje
 - Sua velocidade depende do bus do computador
 - ◆ PC100 -> 100MHz
 - ◆ PC133 -> 133MHz

SDRAM DDR

- ◆ Double Data Rate
 - Ativação de operações da memória são feitas tanto na subida, quanto na descida do sinal (mudança de sinal, portanto)
 - Velocidade pode efetivamente dobrar
 - Usada em placas de vídeo de alta performance

ESDRAM

- ◆ Enhanced SDRAM
 - Ramtron International Corporation
 - Inclui uma pequena quantidade de memória SRAM (cache) diretamente no chip
 - Este modelo não é visível no mercado

RDRAM ou Rambus

- ◆ É uma SDRAM de Protocolo
 - Linhas de controle, endereço e dados são implementadas num mesmo barramento
 - Protocolos específicos são usados para diferenciar os sinais
- ◆ Opera tipicamente a 800MHz
- ◆ Tecnologia proprietária da Intel

SLDRAM ou SyncLink DRAM

- ◆ Padrão aberto para memória a protocolo
- ◆ Não teve sucesso

Futuro

- ◆ Memórias são essenciais para praticamente qualquer equipamento eletrônico medianamente complexo
 - Relógios de pulso
 - Videocassetes
 - Automóveis
 - Computadores
 - Fornos de microondas
 - Telefones
 - Cartões inteligentes

Futuro

- ◆ Memórias tipicamente dobram em capacidade, para o mesmo tamanho físico e custo, em cerca de 18 meses ou menos
- ◆ Tendência:
 - Aumento da capacidade
 - Diminuição do tamanho físico
 - Redução do custo

Futuro

◆ Limite?

- Tamanho da molécula de silício sólido?
 - ◆ 10 ou 15 anos para atingir o limite de redução
- IBM já construiu em laboratório um circuito lógico baseado em 1 molécula de carbono
 - ◆ 100 mil vezes mais fino que o fio de cabelo humano