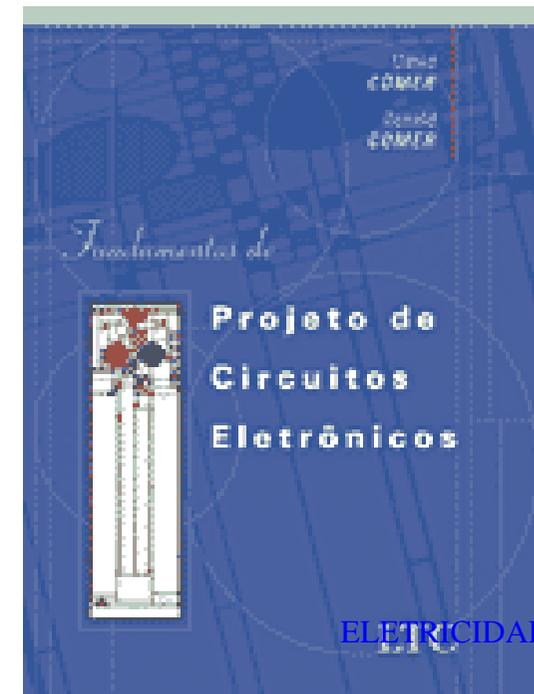


# Introdução

## A importância da eletrônica:

1. Telecomunicações e entretenimento;
2. Computadores e calculadoras;
3. Sistemas de controle automático;
4. Instrumentação;
5. Eletrônica automotiva;
6. Geração e distribuição de energia;
7. Radar;
8. Circuitos integrados;
9. Entre outros ....

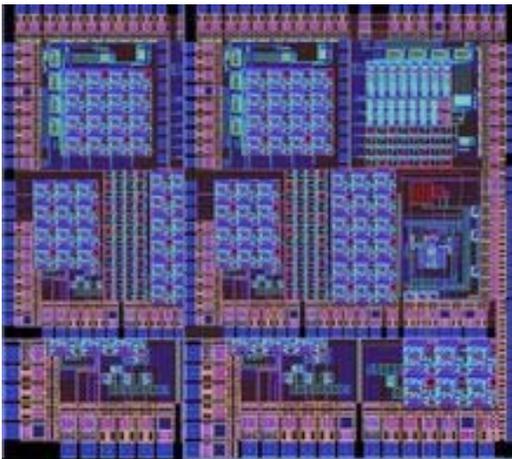
Capítulo 1



# Introdução

## Projeto de circuitos eletrônicos:

Um dispositivo eletrônico é um componente que utiliza alguma fonte de energia, tal como tensão elétrica ou luz, para controlar o fluxo da corrente eletrônica.



# Introdução

Breve história dos semicondutores

1748	Motor elétrico por Thomas Alva Edison
... 1880	Estudo de métodos de retificação
1880	George Stanley implementou o transformador
1883	Diode de selenium por C. T. Fritts
1883	Efeito termiônico
1888	Motor de indução por Tesla
1891	Geração hidrelétrica por Siemens
1900	Lâmpadas de vapor de mercúrio por P. Cooper-Hewitt
1901	Explicação do efeito termiônico por O. W. Richardson
1903	Diode de tubo de vácuo
1903	Previsão de controlar o retificador de mercúrio por Cooper-Hewitt
1904	Retificação com o efeito termiônico por J. A. Fleming

Disponível em:

[www.cefetsc.edu.br/~petry](http://www.cefetsc.edu.br/~petry)



Pesquisa



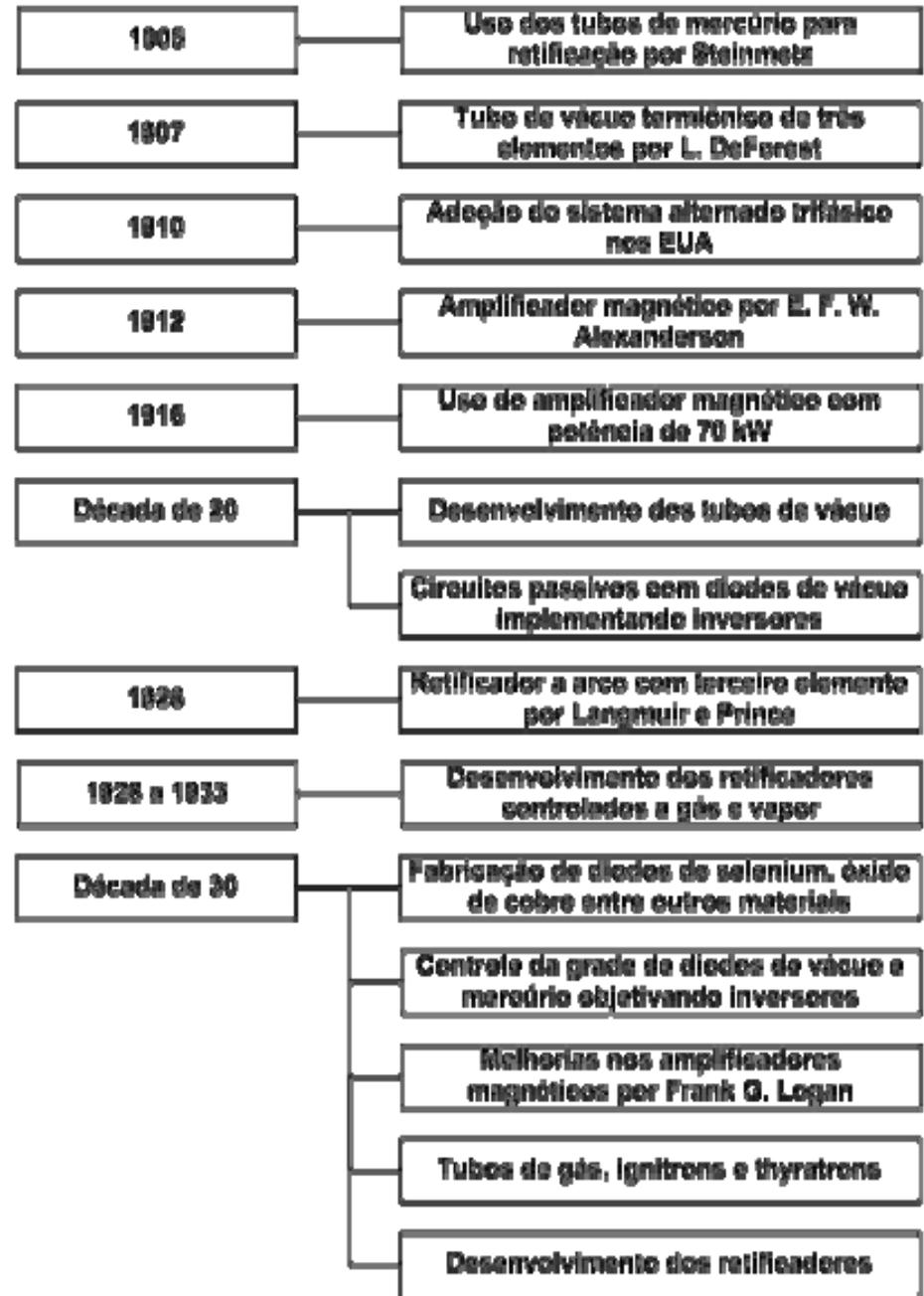
Divulgação



Exame de qualificação

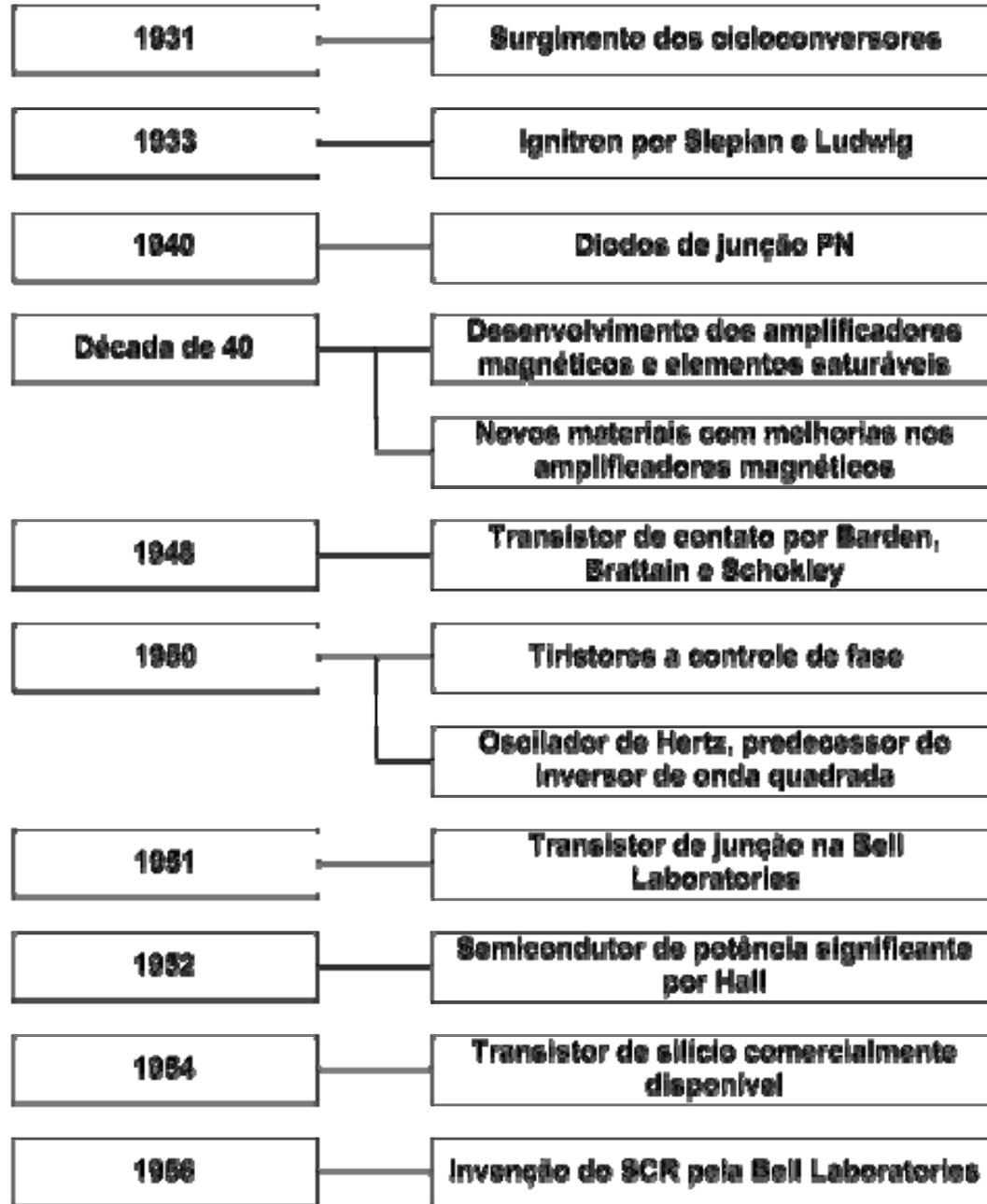
# Introdução

Breve história dos semicondutores



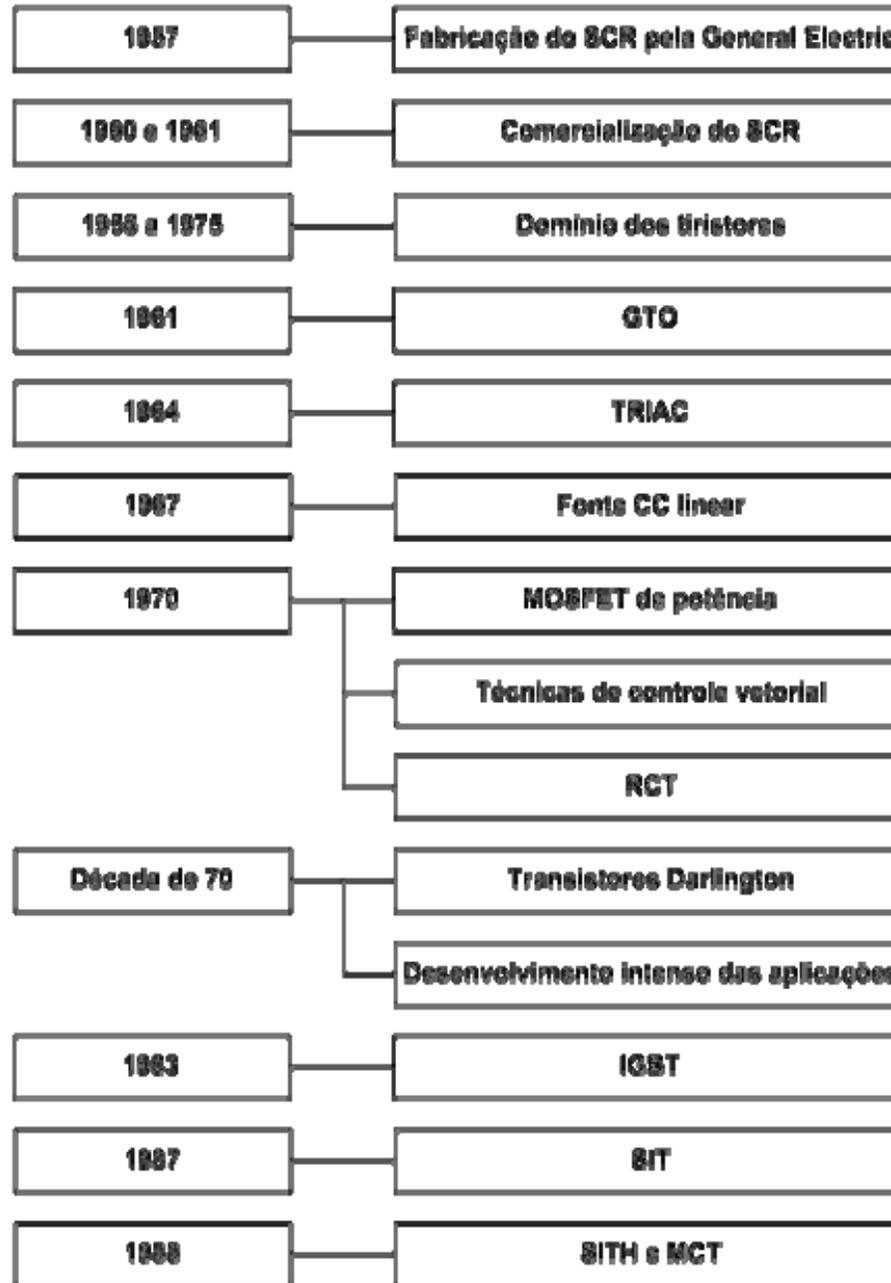
# Introdução

Breve história dos semicondutores



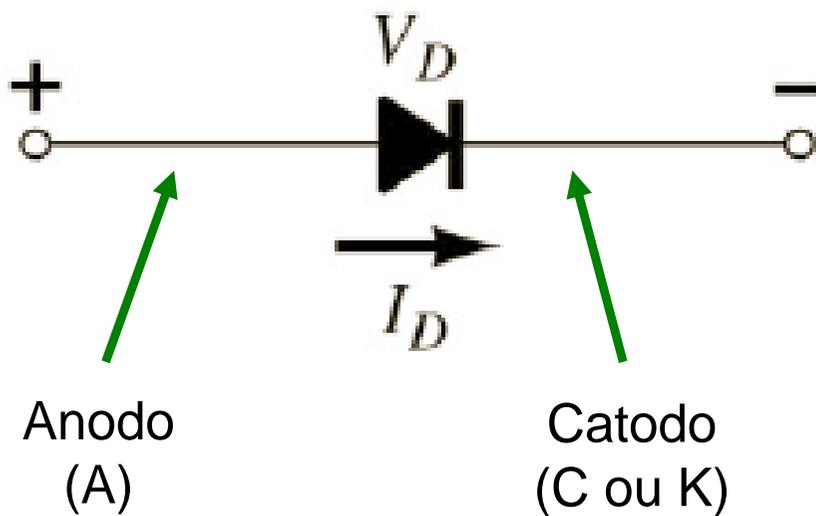
# Introdução

Breve história dos semicondutores

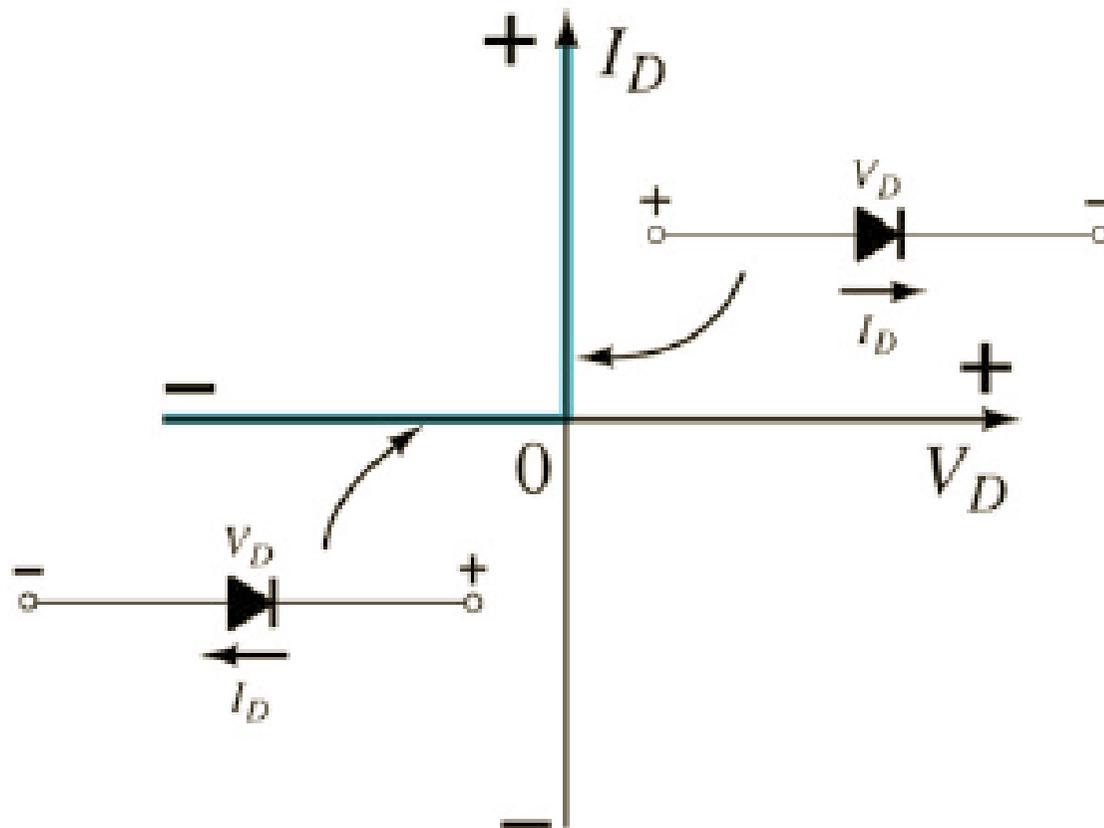


# Diodo ideal

Símbolo do diodo

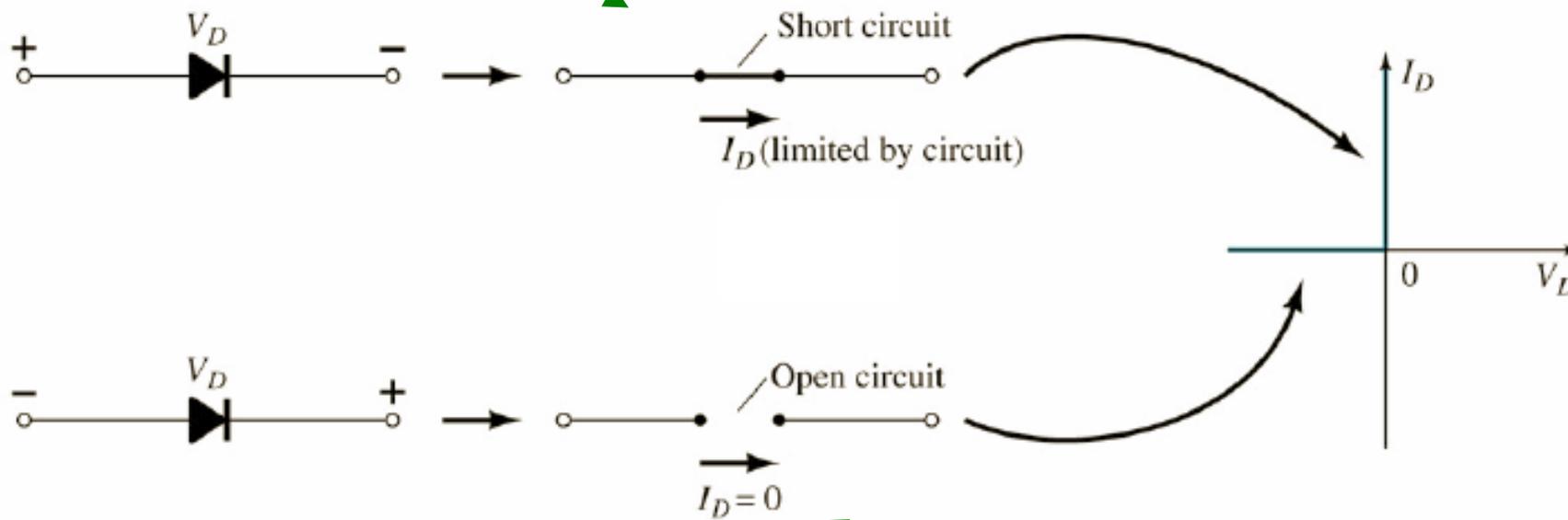


Curva  $I_D \times V_D$



# Diodo ideal

Diodo conduzindo



Diodo bloqueado

# Diodo ideal

Diodo conduzindo



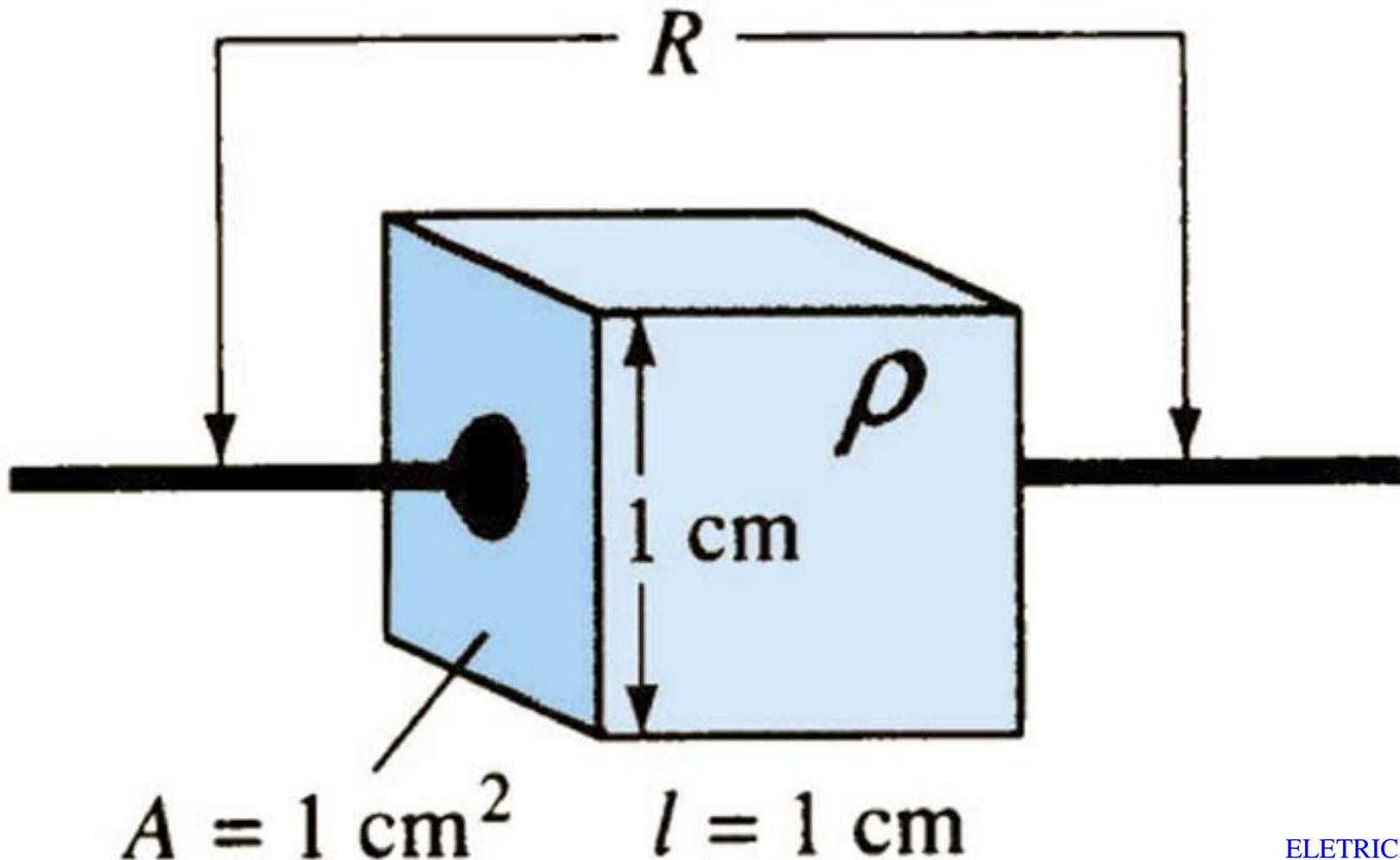
Diodo bloqueado



# Materiais semicondutores

Resistividade de um material

$$\rho = \frac{R \cdot A}{l} = \frac{\Omega \cdot \text{cm}^2}{\text{cm}} = \Omega \cdot \text{cm}$$



# Materiais semicondutores

Valores típicos de resistividade:

Condutor

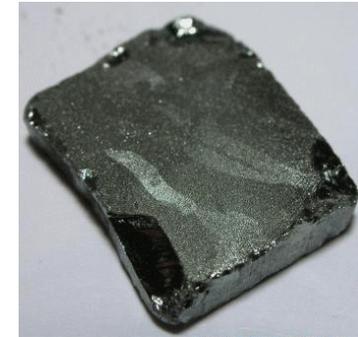
$$\rho \cong 10^{-6} \Omega cm \text{ (cobre)}$$



Semicondutor

$$\rho \cong 50 \Omega cm \text{ (germânio)}$$

$$\rho \cong 50 \cdot 10^3 \Omega cm \text{ (silício)}$$



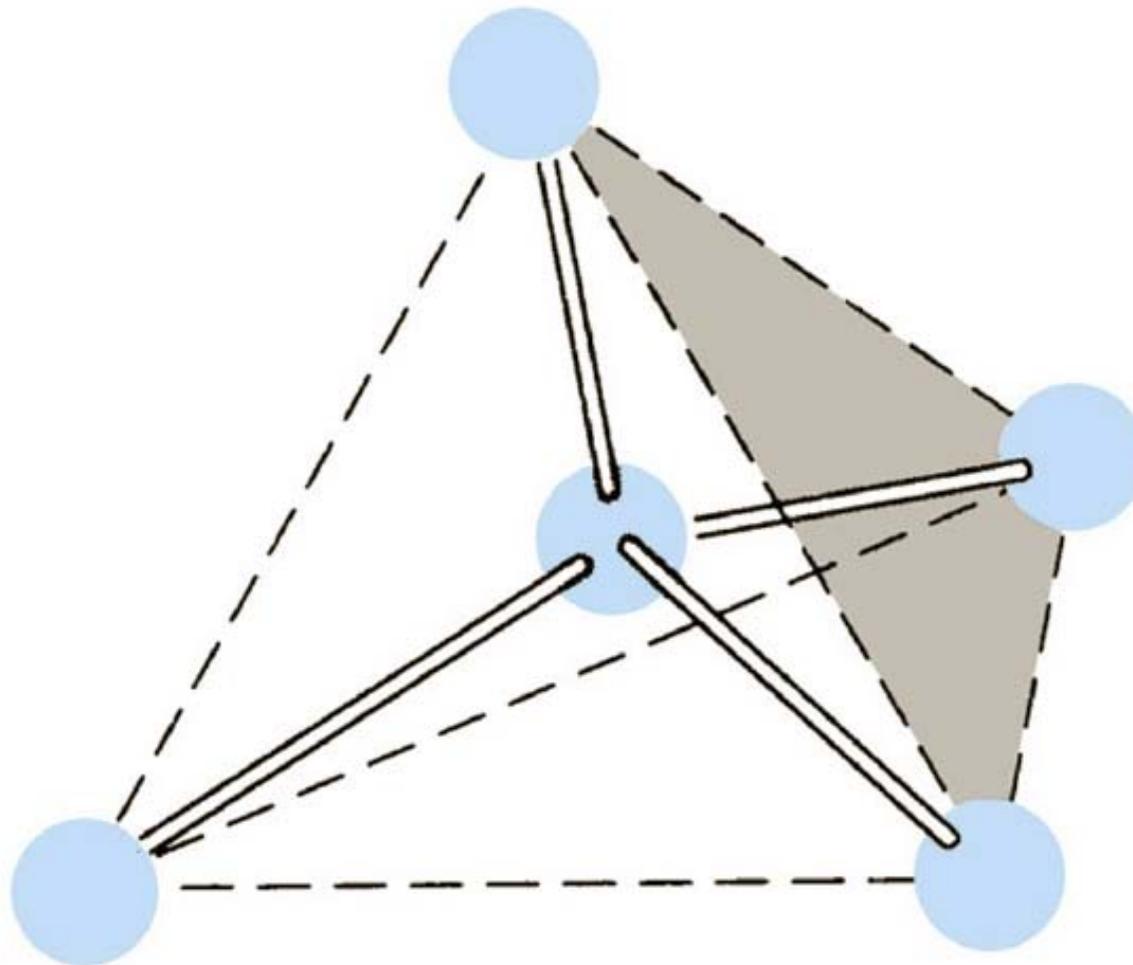
Isolante

$$\rho \cong 10^{12} \text{ (mica)}$$

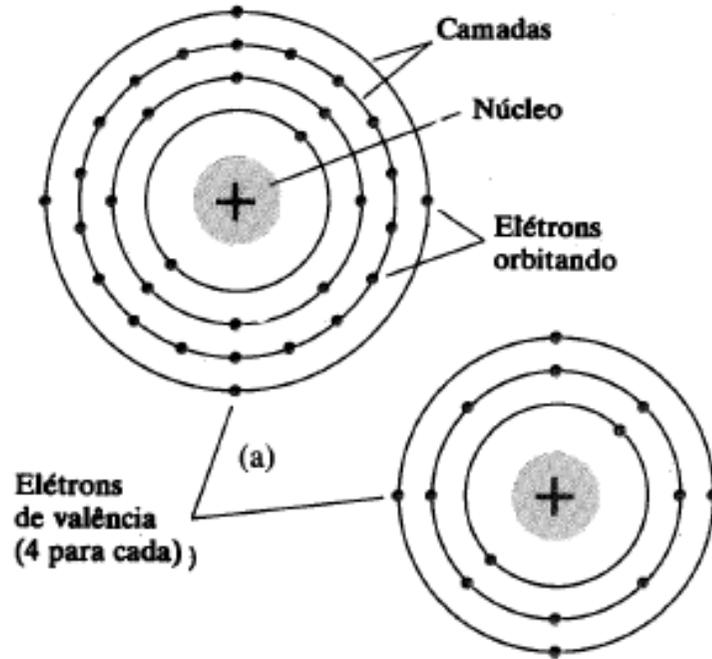


# Materiais semicondutores

Estrutura cristalina do germânio e silício:

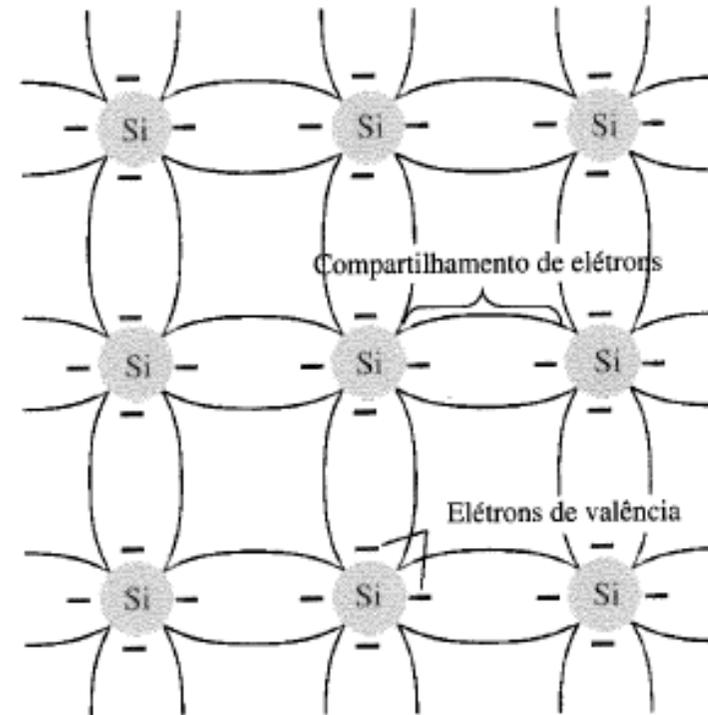


# Materiais semicondutores



Estrutura atômica do germânio e do silício.

Ligação covalente do átomo de silício.



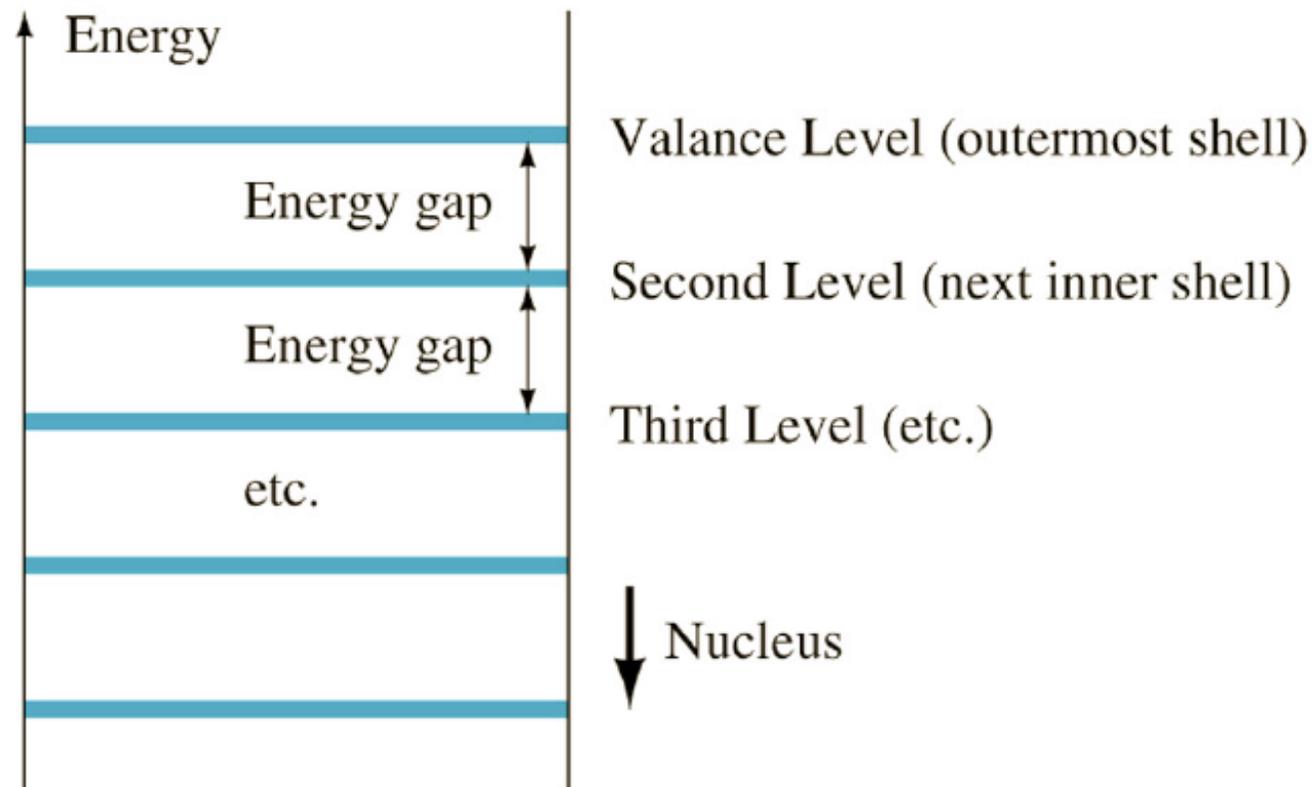
## Materiais intrínsecos:

- São semicondutores cuidadosamente refinados para se obter a redução de impurezas a um nível muito baixo – são basicamente tão puros quanto permite a tecnologia moderna.

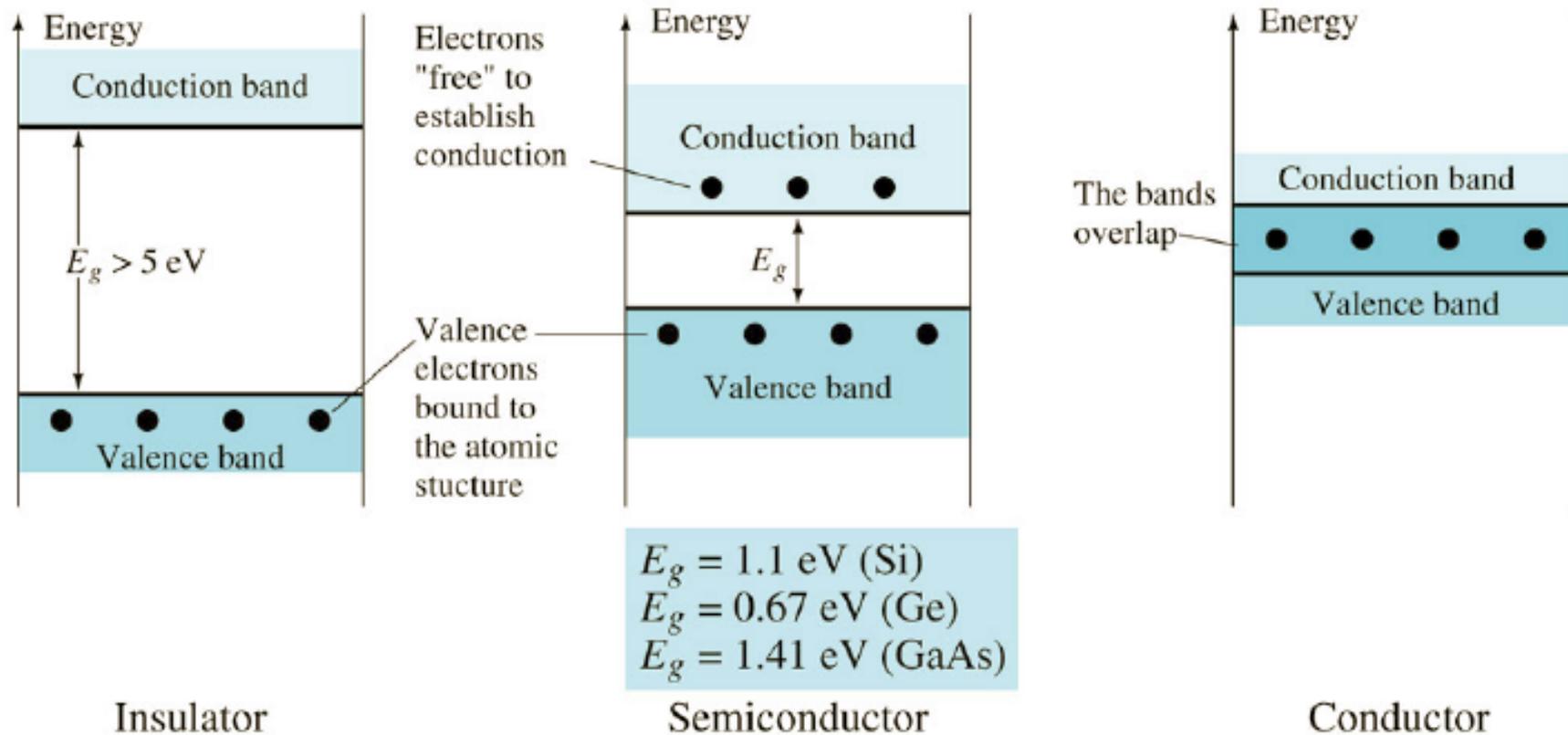
# Níveis de energia

## Níveis de energia:

- Quanto mais longe o elétron estiver do núcleo, maior será o estado de energia, e qualquer elétron que tiver deixado seu átomo de origem apresentará um estado de energia maior do que qualquer outro na estrutura atômica.



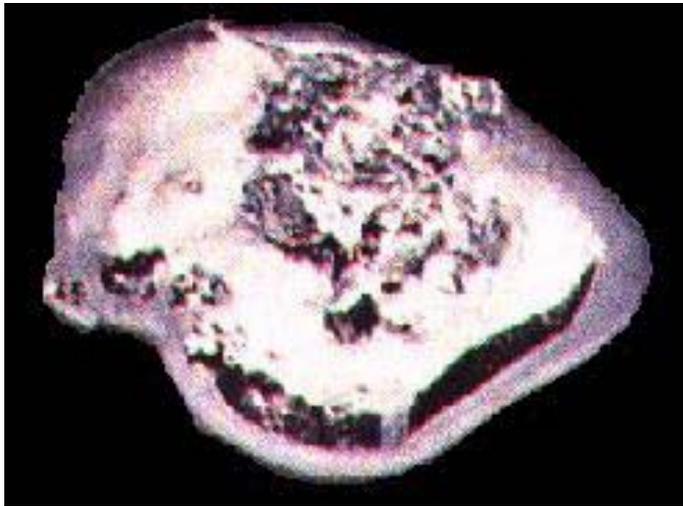
# Níveis de energia



## Materiais extrínsecos N e P

### Materiais extrínsecos:

- Um material semicondutor submetido ao processo de dopagem é chamado de material extrínseco.



Antimônio (5 elétrons na camada de valência.)

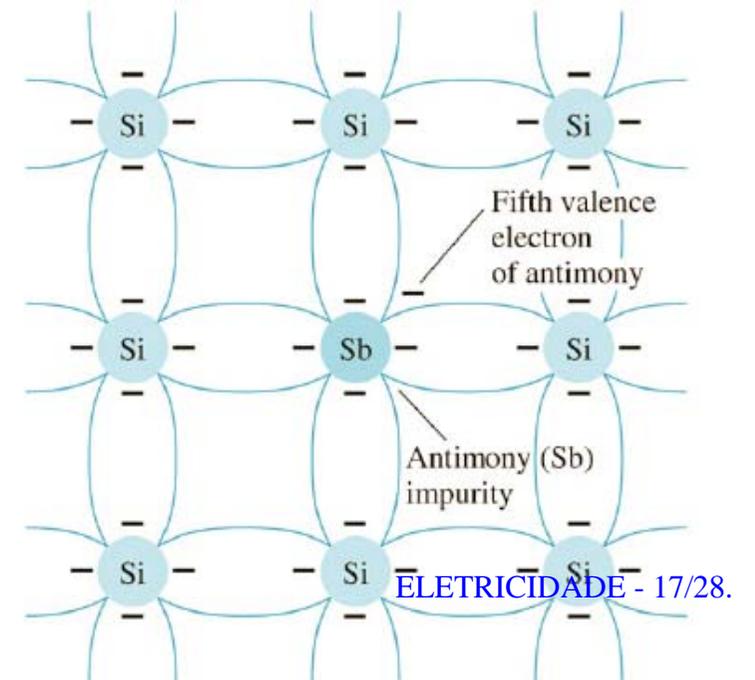
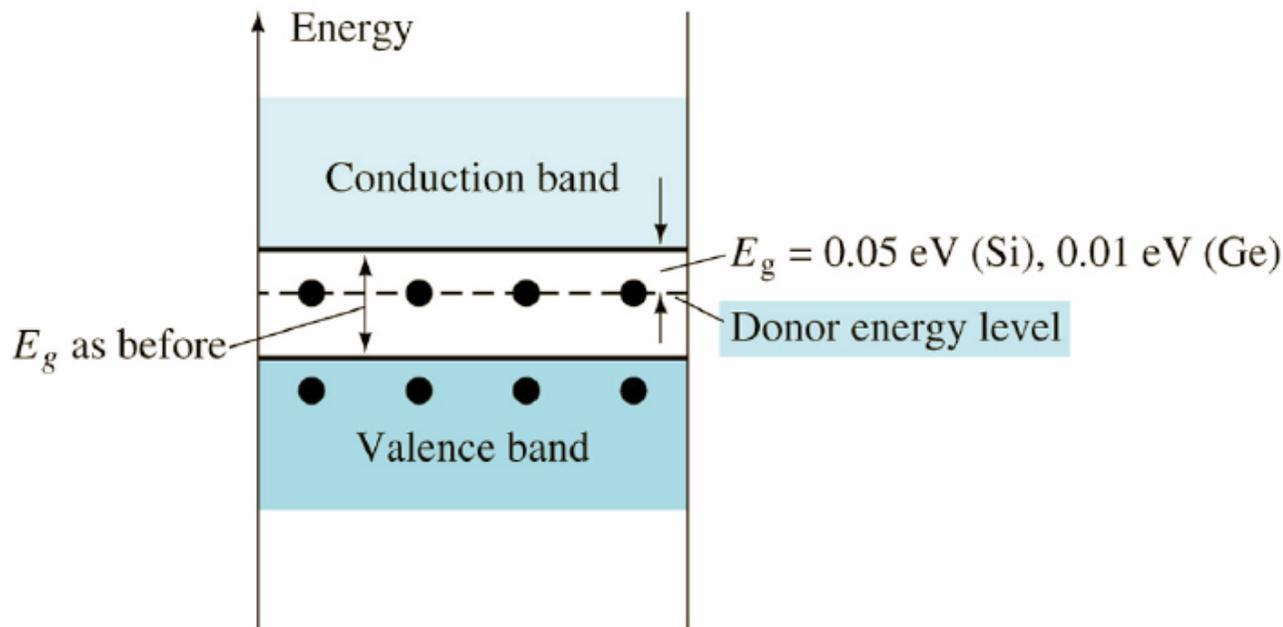


Gálio (3 elétrons na camada de valência.)

# Materiais extrínsecos N e P

## Material do tipo N:

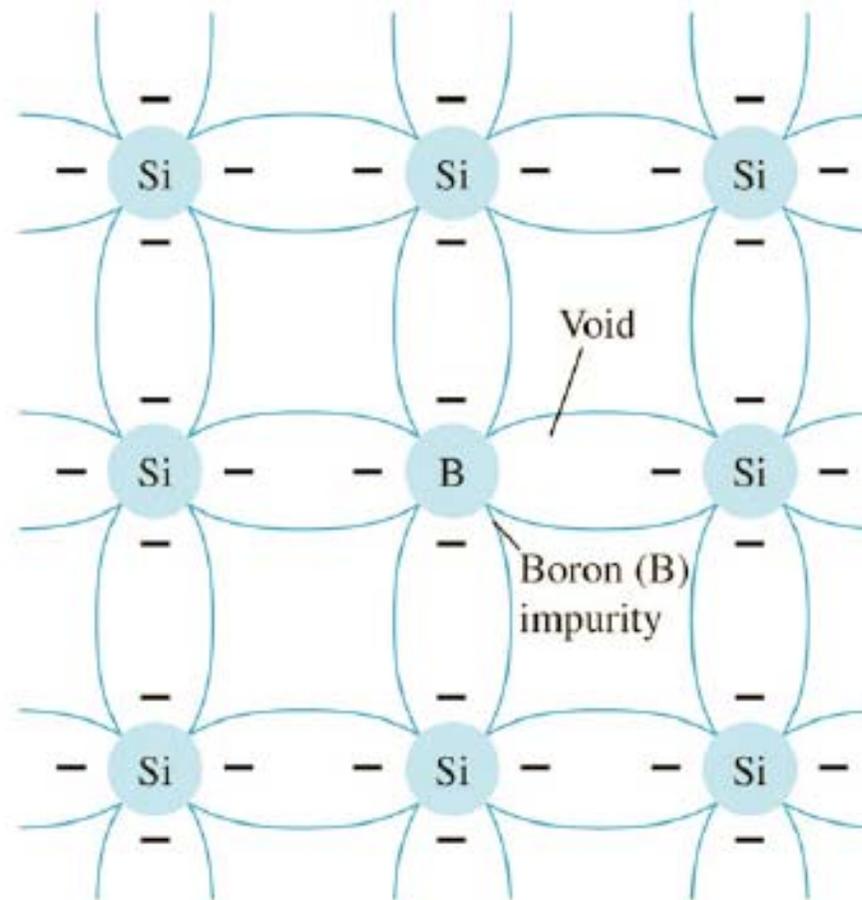
- É um material semiconductor dopado com impurezas com cinco elétrons na camada de valência.



## Materiais extrínsecos N e P

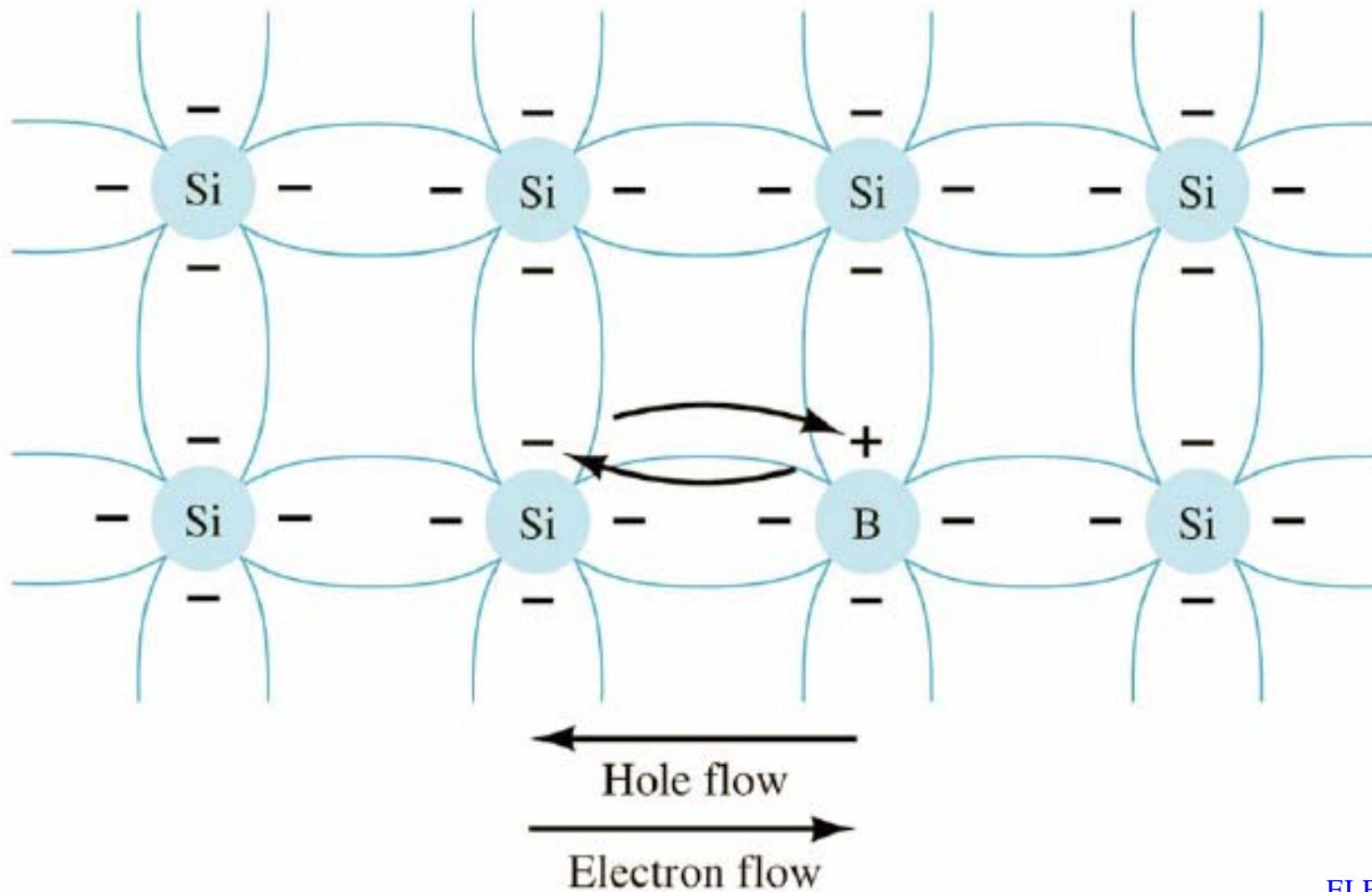
### Material do tipo P:

- É um material semicondutor dopado com impurezas com 3 elétrons na camada de valência.



# Materiais extrínsecos N e P

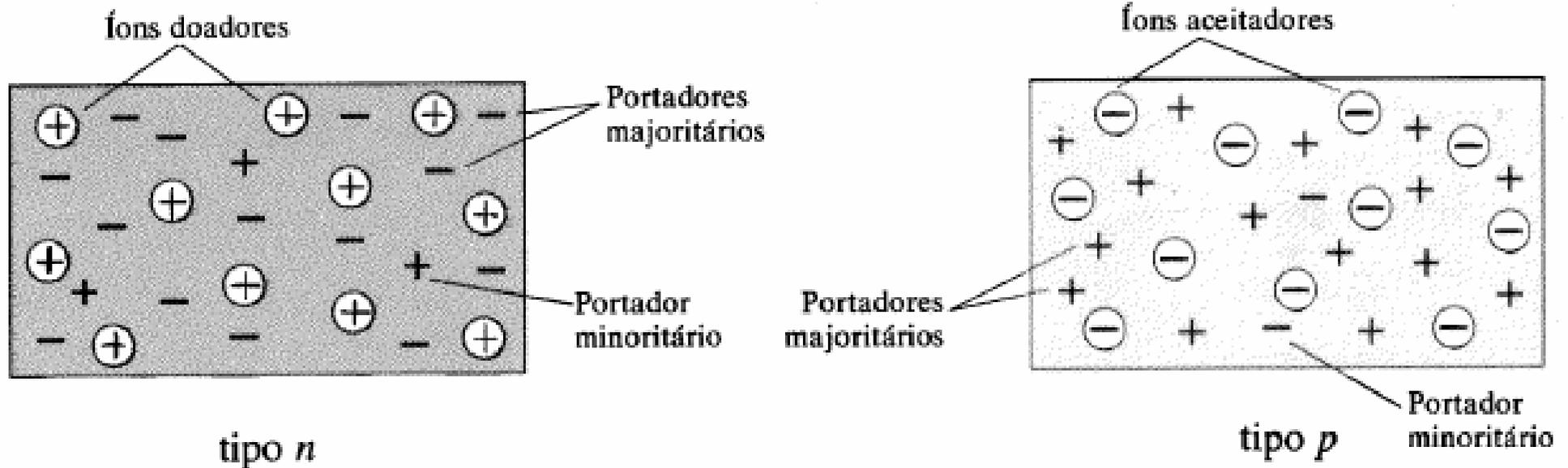
**Fluxo de elétrons versus fluxo de lacunas:**



# Materiais extrínsecos N e P

## Portadores majoritários e minoritários:

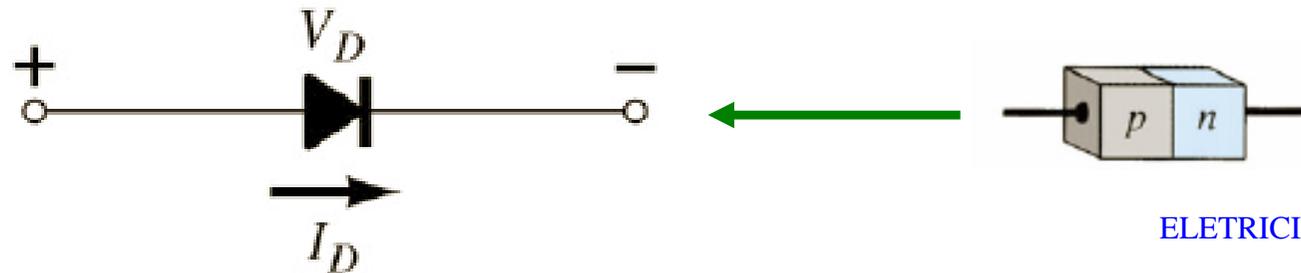
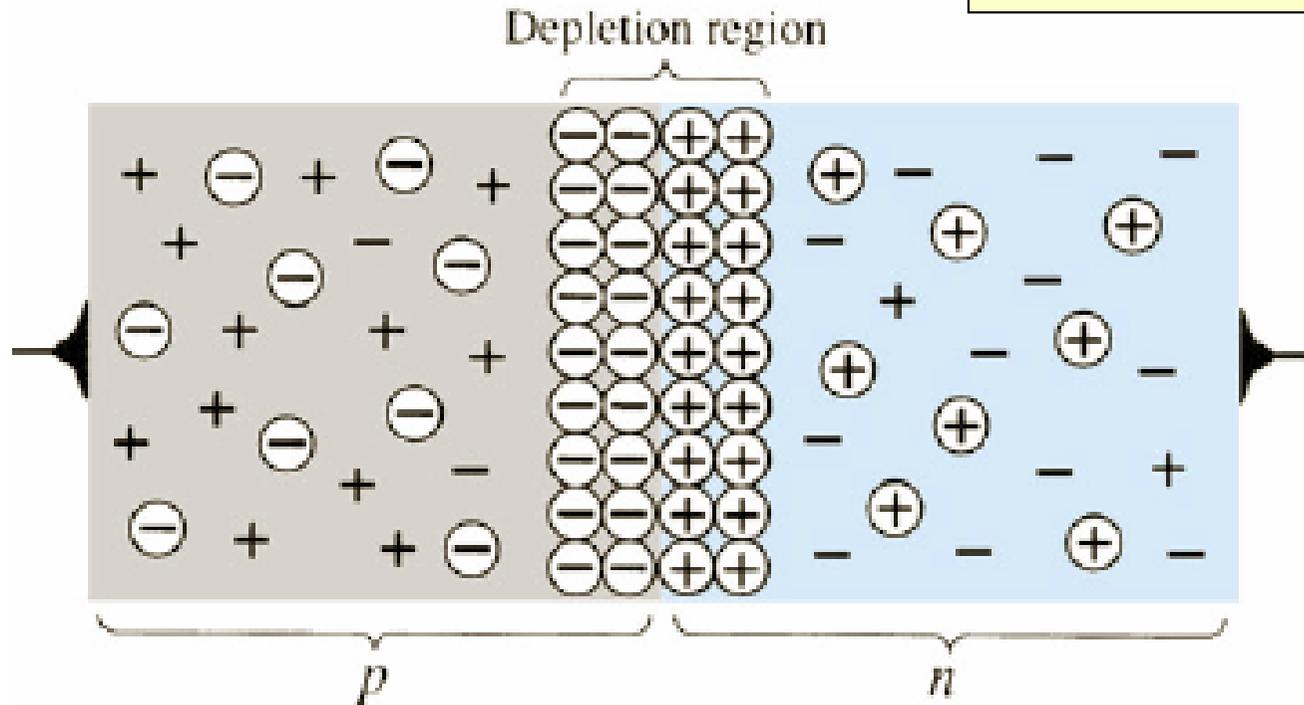
- Em um material do tipo N, o elétron é chamado de portador majoritário, e a lacuna é chamada de portador minoritário;
- Em um material do tipo P, a lacuna é o portador majoritário, e o elétron é o portador minoritário.



# Diodo semiconductor

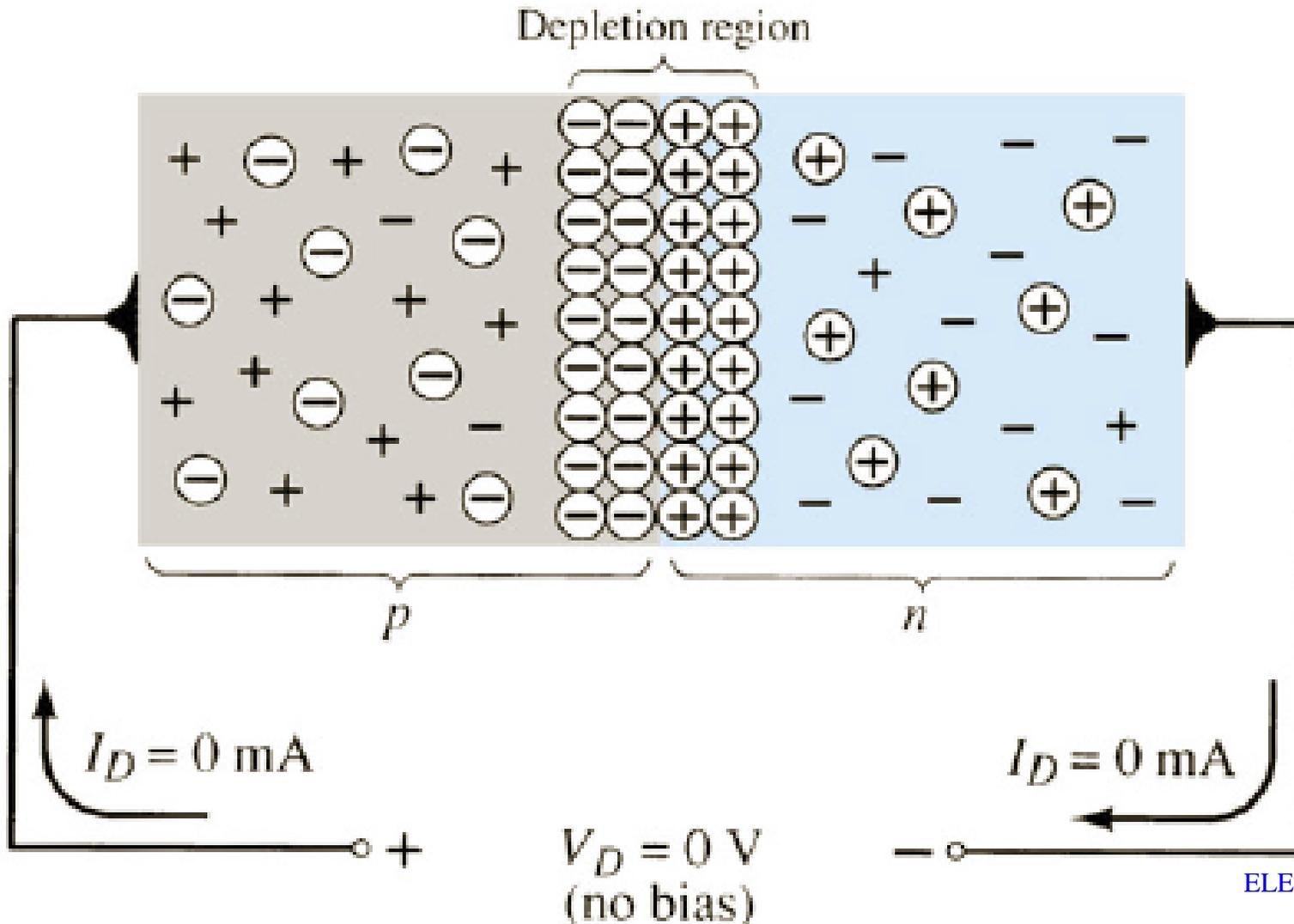
Junção P-N:

Região ou camada de depleção = barreira de potencial



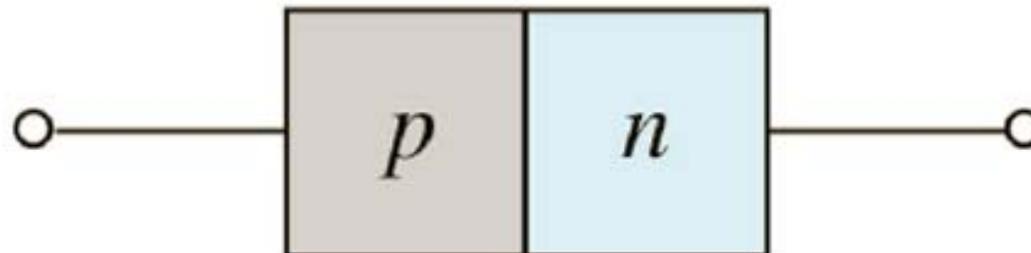
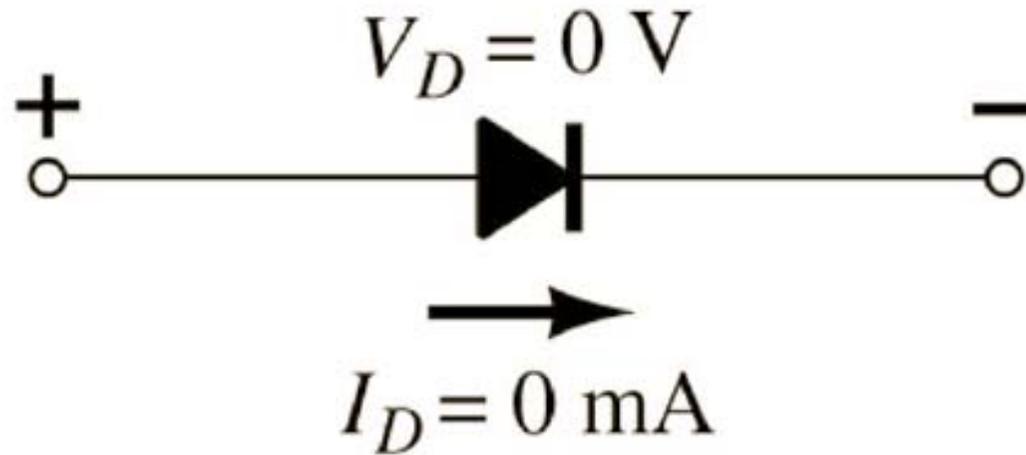
# Diodo semiconductor

Sem polarização ( $V_D = 0$  V):



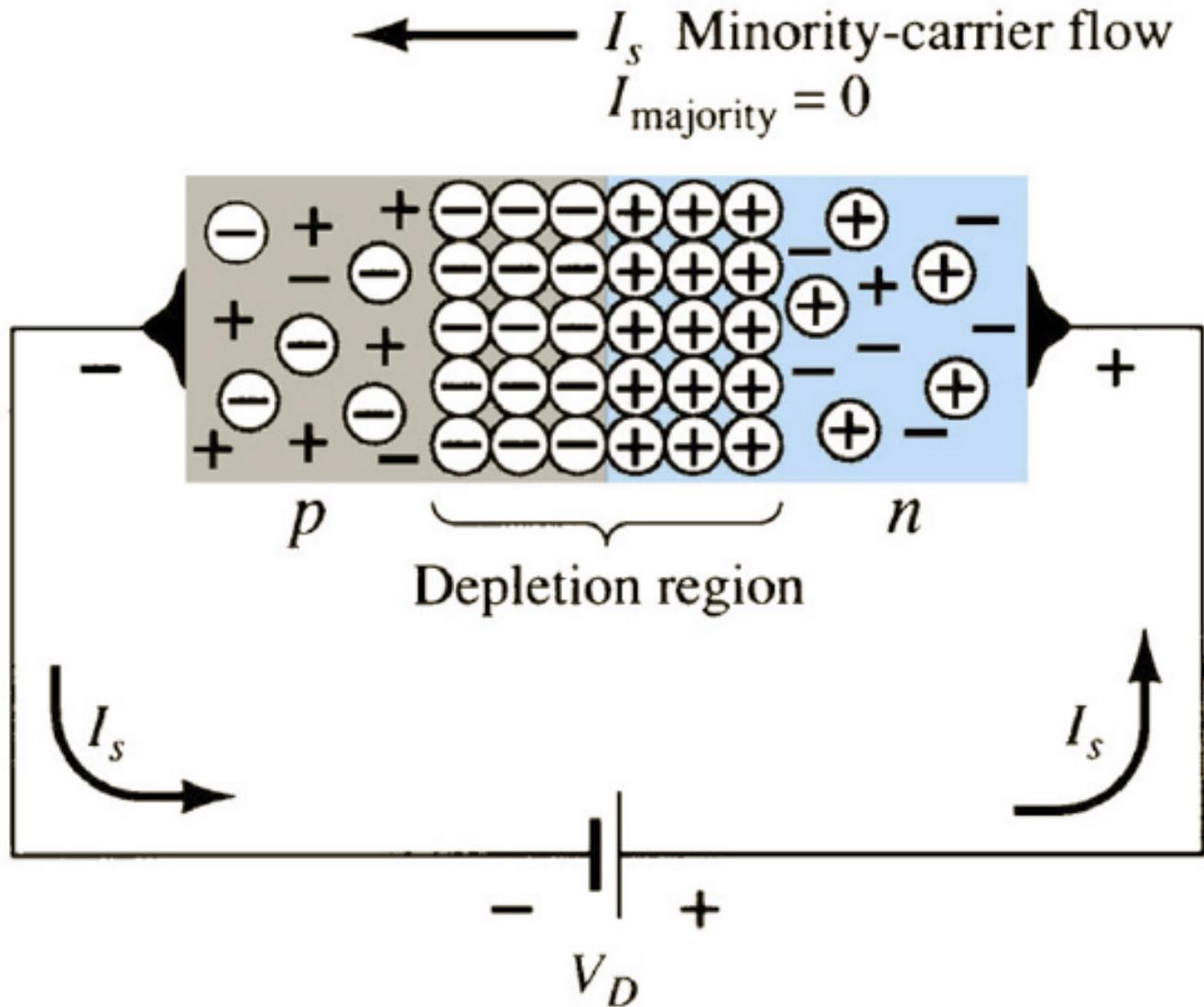
# Diodo semicondutor

Sem polarização ( $V_D = 0 \text{ V}$ ):



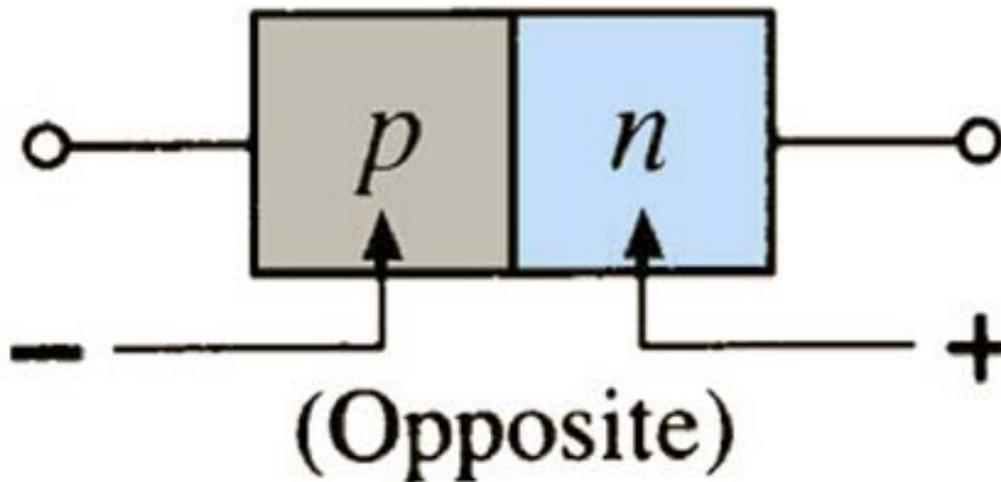
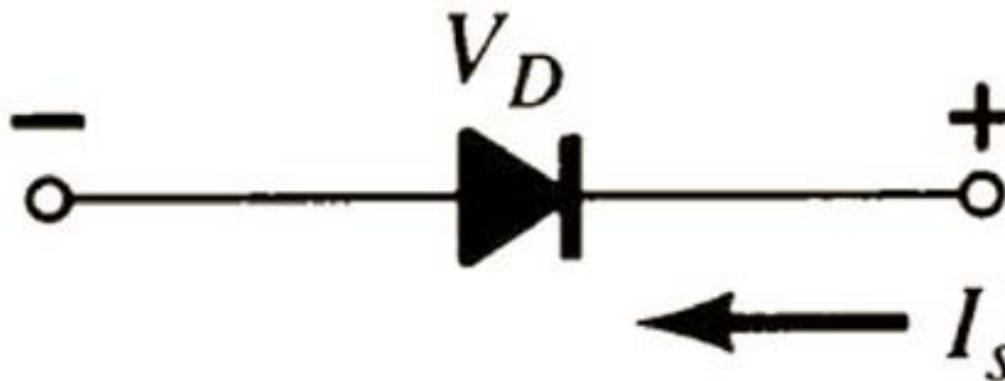
# Diodo semiconductor

**Polarização reversa ( $V_D < 0$  V):**



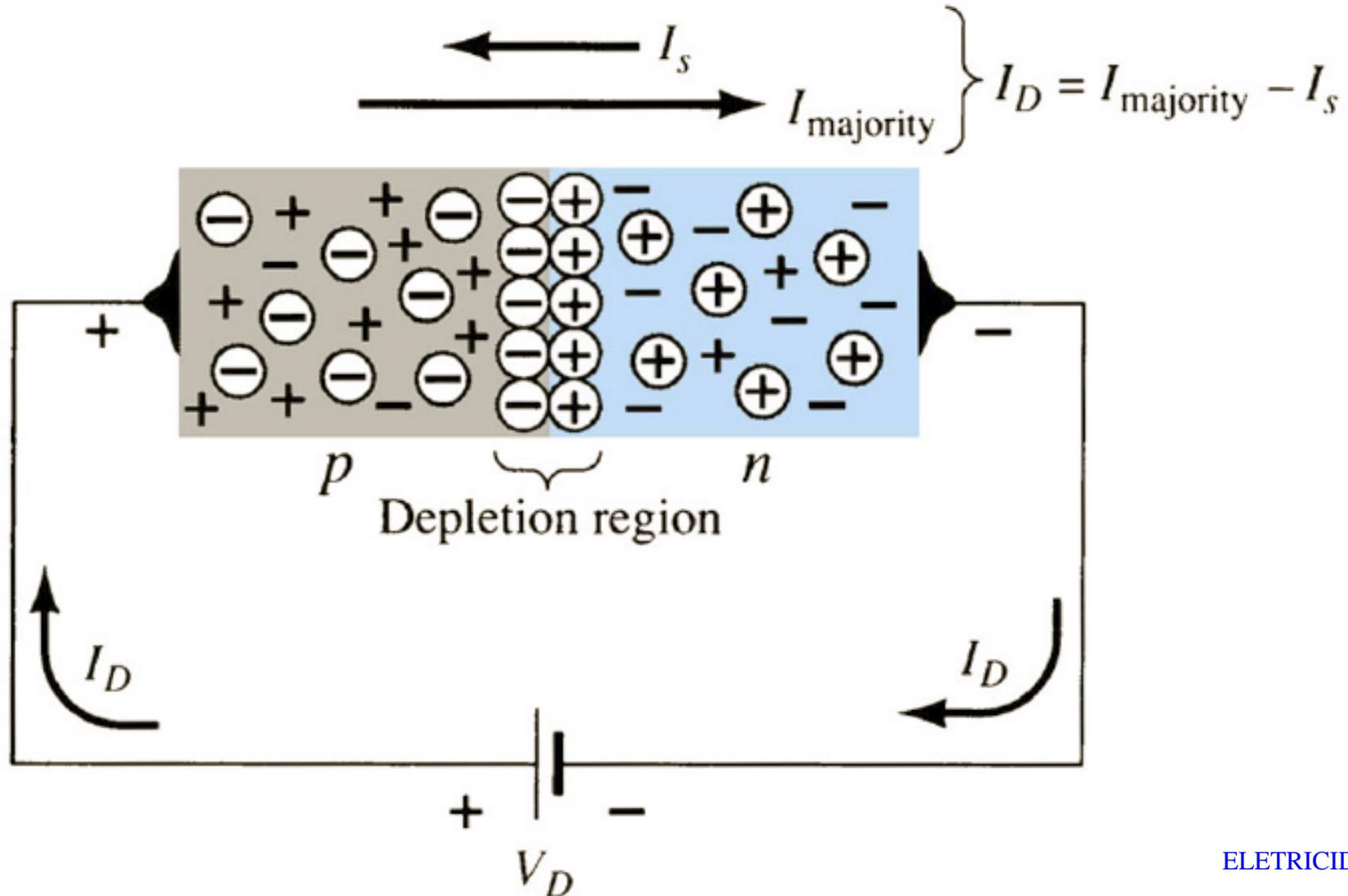
# Diodo semicondutor

Polarização reversa ( $V_D < 0$  V):



# Diodo semiconductor

Polarização direta ( $V_D > 0$  V):



# Diodo semiconductor

## Modelamento matemático:

$$I_D = I_S \cdot \left( e^{\frac{K \cdot V_D}{T_K}} - 1 \right)$$

$I_D$  = corrente direta;

$I_S$  = corrente de saturação reversa;

$K = 11600/\eta$  onde  $\eta=1$  para Ge e  $\eta=2$  para Si;

$$T_K = T_C + 273^0$$

# Diodo semiconductor

## Modelamento matemático:

$$I_D = I_S \cdot \left( e^{\frac{K \cdot V_D}{T_K}} - 1 \right)$$

