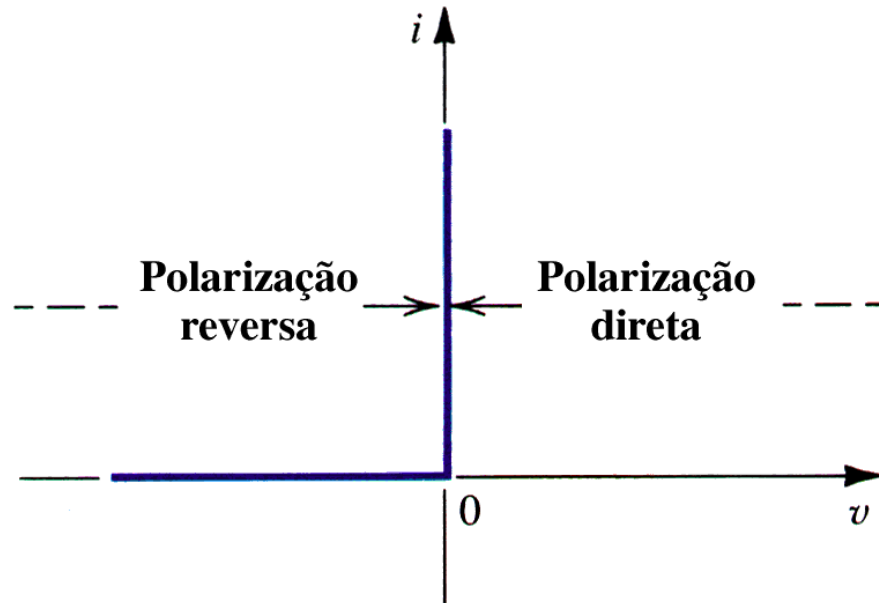


## 2ª Aula: O Diodo Real

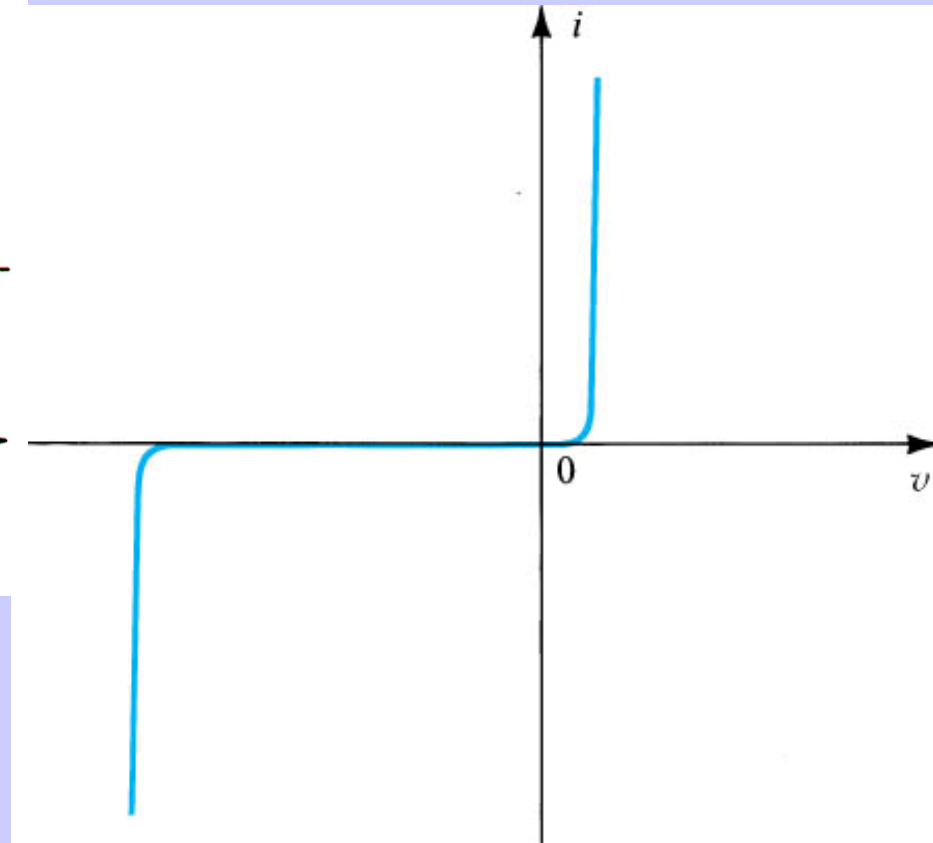
**Ao final desta aula você deve estar apto a:**

- Reconhecer as diferenças entre um diodo real e o diodo ideal que vimos na aula passada**
- Identificar as três regiões de operação de um diodo real**
- Usar a lei do diodo para prever seu comportamento na região de operação direta (polarização direta)**
- Explicar o comportamento do diodo real em função da temperatura**
- Determinar tensões e correntes em circuitos com diodo empregando a lei do diodo**

## Diodo Ideal

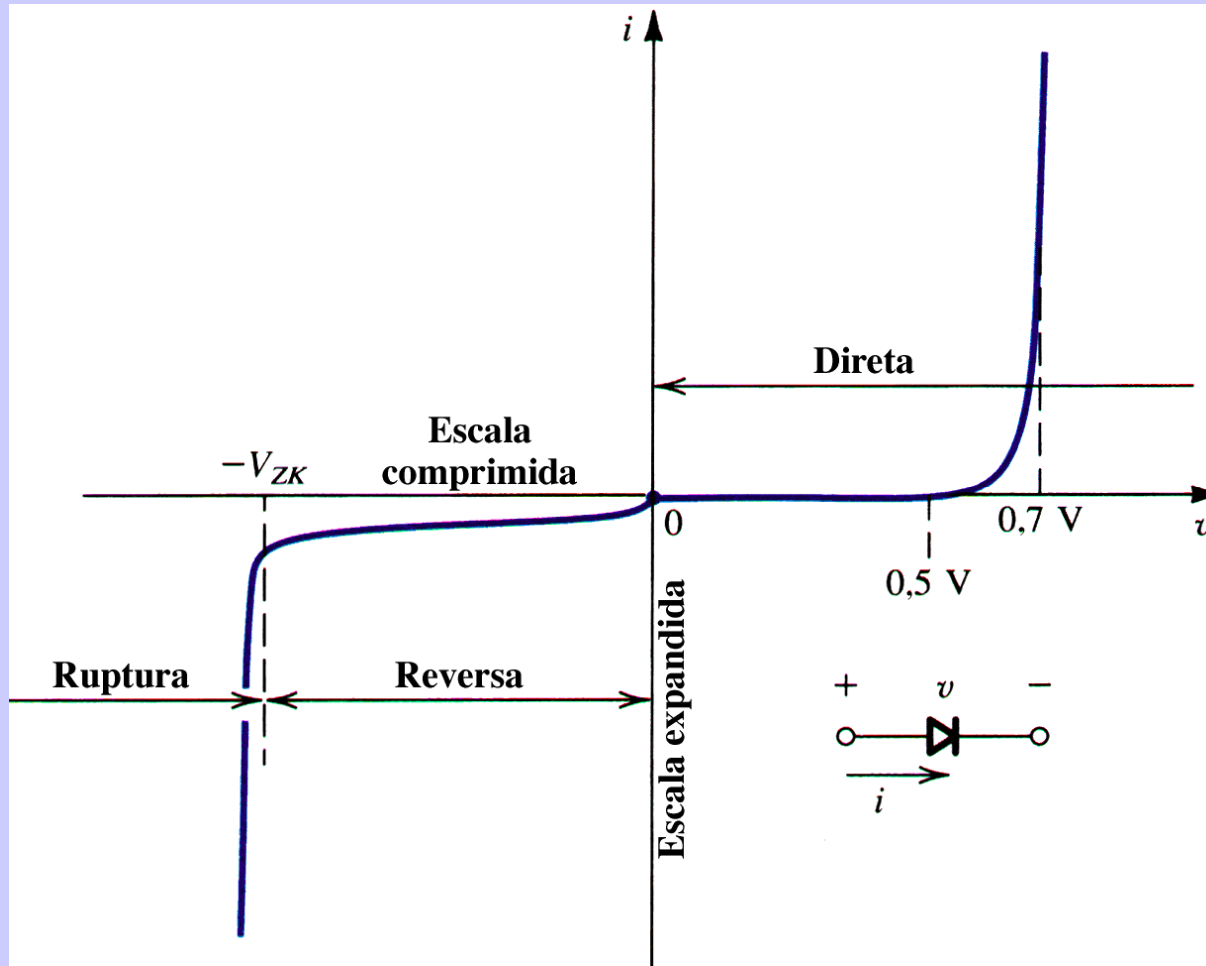


## Diodo Real



**Figura 3.7** The  $i$ - $v$  characteristic of a silicon junction diode.

# Diodo Real



# Diodo Real

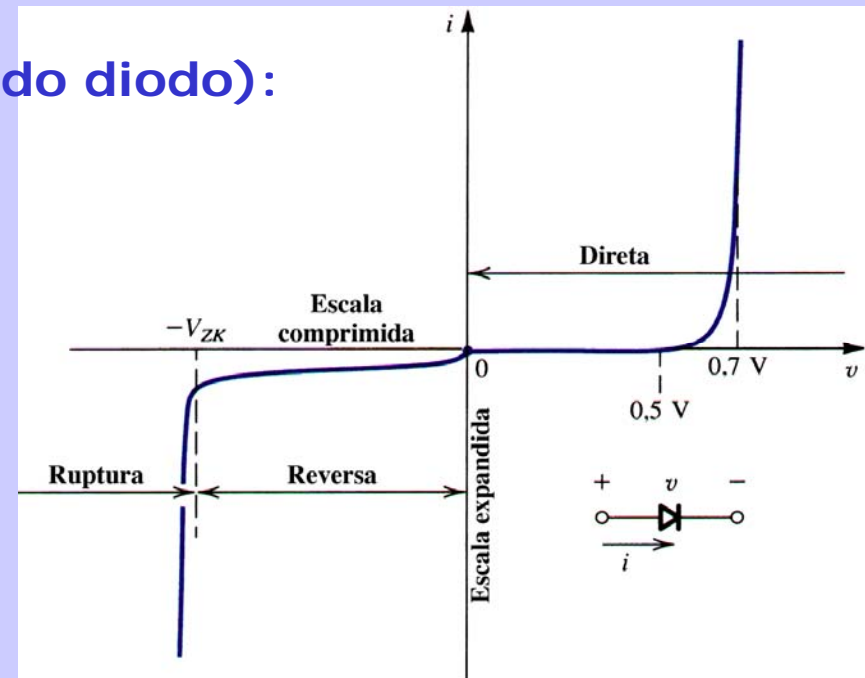
Equação da Corrente no Diodo (lei do diodo):

$$i_D = I_S (e^{v_D / nV_T} - 1)$$

Corrente no diodo      Tensão no diodo

$I_S$  = Corrente de saturação

$n$  = fator de idealidade ( $1 \leq n \leq 2$ )



$$V_T = k T / q$$

$$V_T = 25,8 \text{ mV} \quad (25^\circ\text{C})$$

$$V_T = \mathbf{25 \text{ mV}}$$

$k$  = Constante de Boltzmann =  $1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$

$T$  = Temperatura em kelvin =  $(273 + T(^{\circ}\text{C}))$

$q$  = carga do elétron =  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

# Diodo Real

Apresentando a Lei do Diodo de outra forma:

$$i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$$

$$v_D = nV_T \ln\left(\frac{i_D}{I_S} + 1\right)$$

$$v_D \cong nV_T \ln(i_D/I_S)$$

$$V_2 - V_1 = 2,3 nV_T \log \frac{I_2}{I_1}$$

# Diodo Real

**Exemplo 3.3:** Um diodo de silício, feito para operar com 1 mA, apresenta uma queda de tensão direta de 0,7 V para uma corrente de 1 mA. Avalie o valor da constante  $I_S$  nos casos em que  $n$  seja 1 ou 2. Que constantes de escalamento você aplicaria para um diodo de 1 A do mesmo fabricante que conduz uma corrente de 1 A para uma queda de 0,7 V?

$$i = I_S e^{v/nV_T} \longrightarrow I_S = i e^{-v/nV_T}$$

# Diodo Real

## Exemplo 3.3:

Para o diodo de 1 mA:

$$\text{Se } n = 1: \quad I_S = 10^{-3} e^{-700/25} = 6,9 \times 10^{-16} \text{ A ou cerca de } 10^{-15} \text{ A}$$

$$\text{Se } n = 2: \quad I_S = 10^{-3} e^{-700/50} = 8,3 \times 10^{-10} \text{ A ou cerca de } 10^{-9} \text{ A}$$

O diodo conduzindo 1 A para uma queda de 0,7 V corresponde a 1000 diodos de 1 mA em paralelo com uma seção de junção 1000 vezes maior. Portanto,  $I_S$  também é 1000 vezes maior, tendo 1 pA e 1 mA, respectivamente para  $n = 1$  e  $n = 2$ .

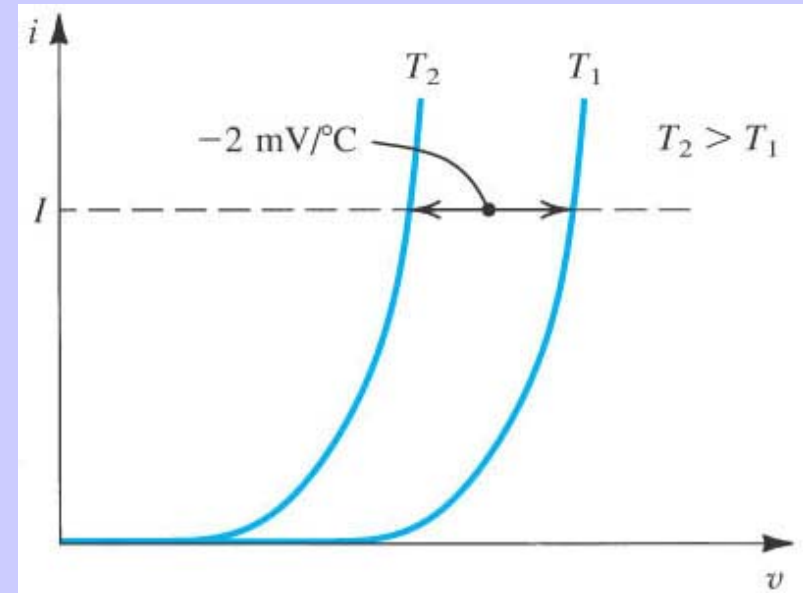
Deste exemplo deve ficar evidente que o valor usado para  $n$  pode ser muito importante.

# Diodo Real

## A dependência com a Temperatura

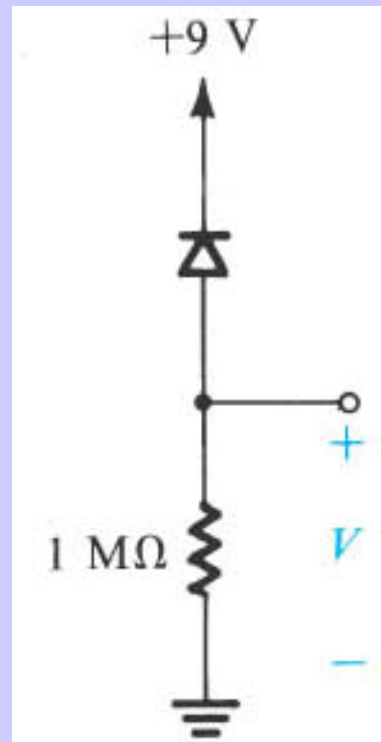
$$i_D = I_S (e^{v_D/nV_T} - 1)$$

Os valores de  $I_S$  e  $V_T$   $\longrightarrow$   
dependem da Temperatura





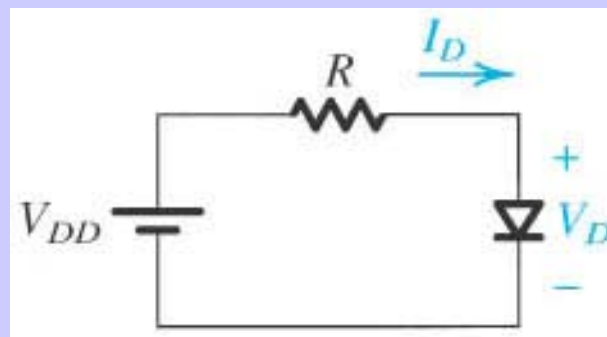
**Exercício 3.9:** O diodo no circuito da Figura E3.9 é de um dispositivo grande, capaz de conduzir altas correntes. Sua corrente de fuga reversa é razoavelmente independente da tensão. Se  $V = 1\text{ V}$  a  $20^\circ\text{ C}$ , calcule o valor de  $V$  a  $40^\circ\text{ C}$  e a  $0^\circ\text{ C}$ .



**Figura E3.9**

# Diodo Real

## A Análise pelo Modelo Exponencial



- $$I_D = I_S e^{v_D/nV_T}$$

- Aplicando a lei das malhas:

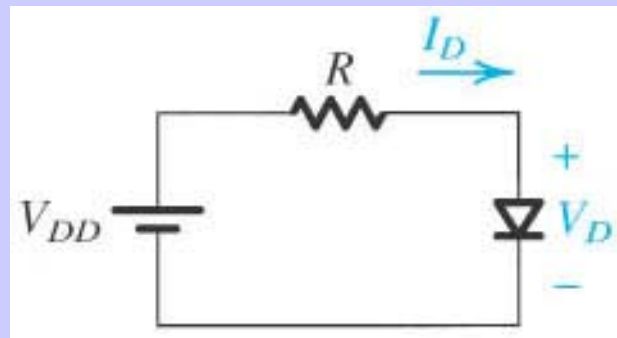
$$V_{DD} = R \cdot I_D + V_D$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

# Diodo Real

## A Análise pelo Modelo Exponencial

**Exemplo 3.4:** Determine os valores da corrente  $I_D$  e da tensão  $V_D$  para o circuito abaixo com  $V_{DD} = 5 \text{ V}$  e  $R = 1 \text{ k}\Omega$ . Suponha que a corrente do diodo é de  $1 \text{ mA}$  para uma tensão de  $0,7 \text{ V}$ , e que a queda de tensão varia de  $0,1 \text{ V}$  para cada década de variação na corrente.



$$I_D = I_S e^{v_D/nV_T}$$

$$I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R}$$

# Diodo Real

**Exemplo 3.4:** A solução tem que ser iterativa!!!

$$\begin{aligned} \text{Para } I = 1\text{mA}, V_{D1} = 0,7\text{V: } I_{D2} &= \frac{V_{DD} - V_{D1}}{R} \\ &= \frac{5 - 0,7}{1} = 4,3\text{mA} \end{aligned}$$

Para  $I = 4,3\text{mA}$ , qual o novo  $V_{D2}$ ?

Lembre-se que:  $V_{D2} - V_{D1} = 2,3nV_T \log \frac{I_{D2}}{I_{D1}}$  e neste exercício  $2,3nV_T = 0,1\text{V}!!!$

$$V_{D2} = 0,7 + 0,1 \log \frac{I_{D2}}{I_{D1}} = 0,763 \longrightarrow I_{D3} = \frac{5 - 0,763}{1} = 4,237\text{mA}$$

$$\begin{aligned} V_{D3} &= 0,763 + 0,1 \log \left[ \frac{4,237}{4,3} \right] \\ &= 0,762\text{V} \end{aligned}$$