

Aula 14

O Diodo e a junção pn na condição de polarização direta

PSI 2223 – Introdução à Eletrônica Programação para a Primeira Prova

11 ^a 05/04	Circuito retificador em ponte. Circuito retificador de meia onda com o capacitor de filtro.	Sedra, Cap. 3 p. 109-111
12 ^a 08/04	Retificador de onda completa com capacitor de filtro, superdiodo. Exercícios (exemplo 3.9).	Sedra, Cap. 3 p. 112-115
13 ^a 12/04	Circuitos limitadores, circuitos grampeadores, dobrador de tensão, exercícios: 3.27, 3.28.	Sedra, Cap. 3 p. 115-118
14 ^a 15/04	Conceitos básicos de dispositivos semicondutores: silício dopado, mecanismos de condução (difusão e deriva), exercícios.	Aula avulsa + Sedra, Cap. 3 p. 117-121
15 ^a 26/04	Modelos de cargas, junção pn na condição de circuito aberto, potencial interno da junção, junção pn polarizada, exercícios.	Aula avulsa + Sedra, Cap. 3 p. 121-126
16 ^a 29/04	Distribuição de portadores minoritários na junção pn diretamente polarizada. Dedução elementar da equação de corrente na junção pn, exercícios.	Aula avulsa + Sedra, Cap. 3 p. 127-128
17 ^a 03/05	Capacitância de difusão, largura da região de depleção da junção pn polarizada, capacitância de depleção, a junção pn na região de ruptura (efeito zener e efeito avalanche), exercícios.	Sedra, Cap. 3 p. 124-125 e p. 128-129
18 ^a 06/05	Aula de Exercícios	

2^a. Semana de Provas (09/05 a 13/05/2016)

Data: 11/05/2016 (quarta feira) – Horário: 13:10h às 15:10h

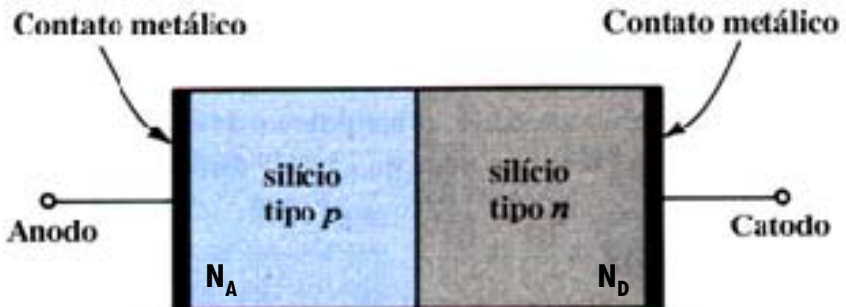
14ª Aula:

A junção pn Diretamente polarizada

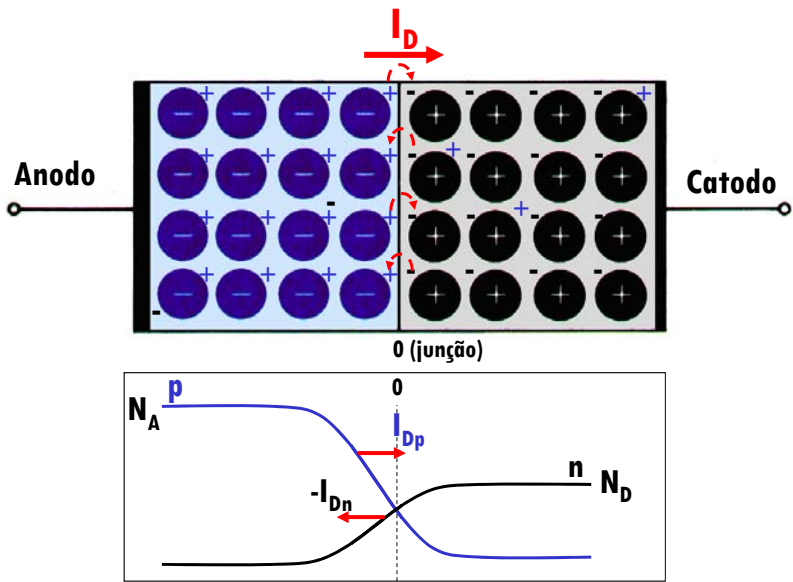
Ao final desta aula você deverá estar apto a:

- Olhar a Lei de Ohm do lado de dentro do material, explicando os conceitos de condutividade e mobilidade
- Explicar, através de conceitos e equações, o que é corrente de deriva e o que é corrente de difusão
- Explicar o que é silício intrínseco e silício dopado (tipo n e tipo p)
- Calcular a concentração de portadores em silício tipo n e tipo p
- Explicar o que ocorre quando se junta um silício tipo n e um p , criando um diodo semiconductor
- Calcular a barreira de potencial interna e a largura da região de depleção em um diodo semiconductor

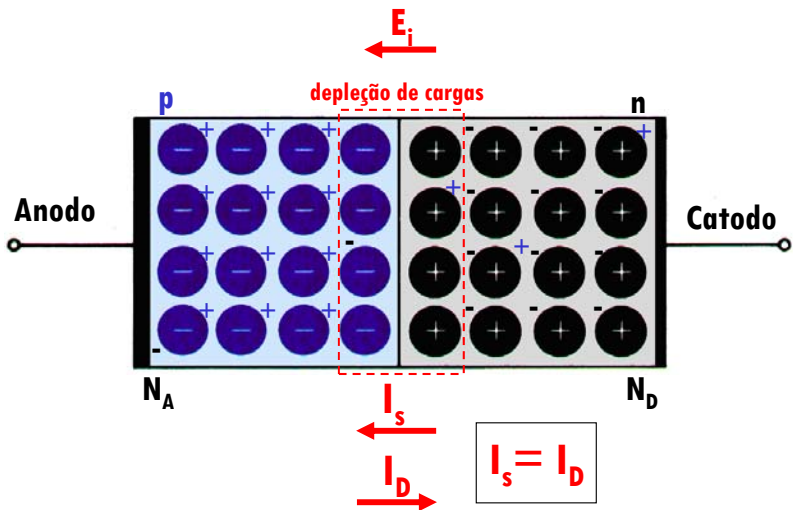
O Diodo (a junção pn)



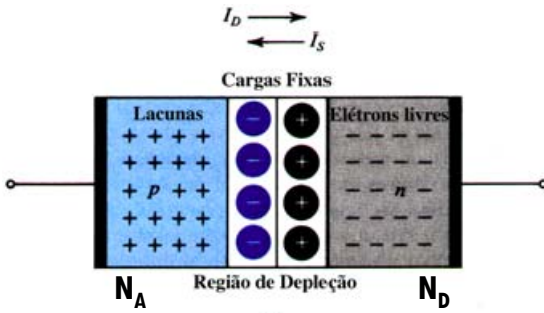
O Diodo



A dinâmica da junção pn em Aberto



O Diodo em Aberto



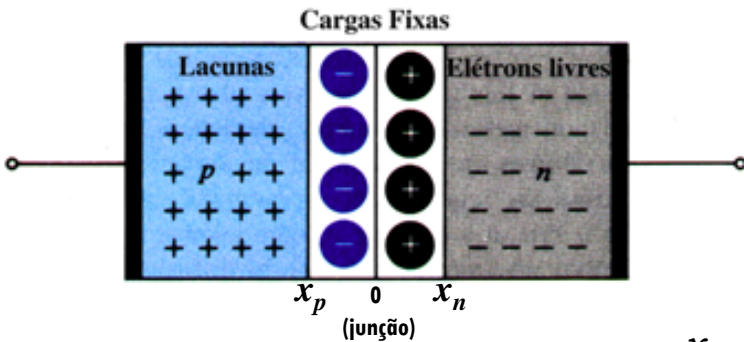
(a)



$$V_0 = V_T \ln \left(\frac{N_A N_D}{n_i^2} \right)$$

(b)

O Diodo em Aberto



$$qx_p N_A A = qx_n N_D A \quad \text{ou} \quad \frac{x_n}{x_p} = \frac{N_A}{N_D}$$

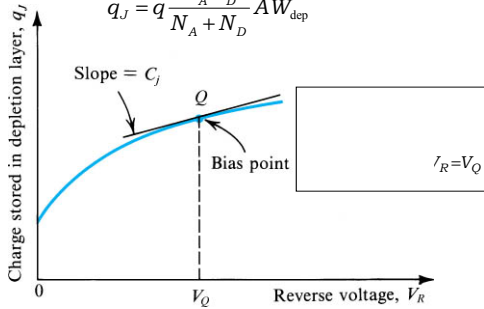
$$W_{\text{dep}} = x_n + x_p = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right) V_0}$$

O Diodo Polarizado Reversamente

$$W_{\text{dep}} = \sqrt{\left(\frac{2\epsilon_s}{q}\right)\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)(V_0 + V_R)}$$

$$q_J = q_N = qN_D x_n A$$

$$q_J = q \frac{N_A N_D}{N_A + N_D} A W_{\text{dep}}$$



$$q_J = q \frac{N_A N_D}{N_A + N_D} A \sqrt{\left(\frac{2\epsilon_s}{q}\right)\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)(V_0 + V_R)}$$

O Diodo Polarizado Reversamente

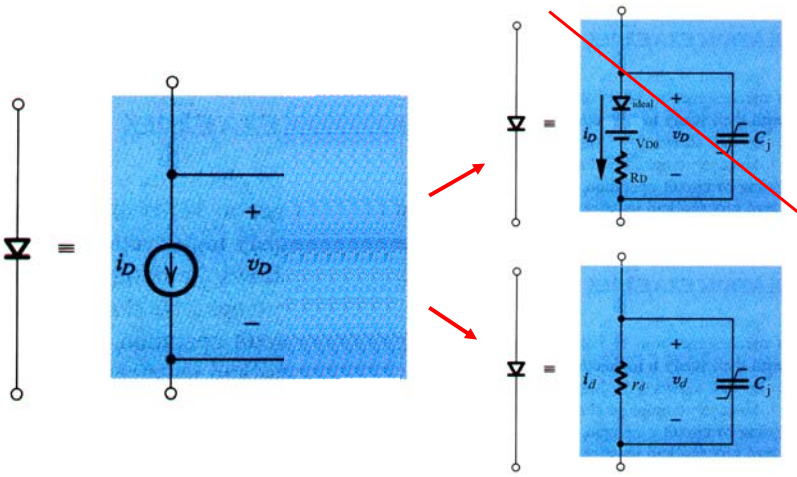
$$C_j = \left. \frac{dq_j}{dV_R} \right|_{V_R=V_Q}$$

$$q_J = q \frac{N_A N_D}{N_A + N_D} A \sqrt{\left(\frac{2\epsilon_s}{q}\right)\left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right)(V_0 + V_R)}$$

$$C_j = \frac{C_{j0}}{\sqrt{1 + \frac{V_R}{V_0}}} \quad \text{onde} \quad C_{j0} = A \sqrt{\left(\frac{\epsilon_s q}{2}\right)\left(\frac{N_A N_D}{N_A + N_D}\right)\left(\frac{1}{V_0}\right)}$$

$$\text{Na prática} \quad C_j = \frac{C_{j0}}{\left(1 + \frac{V_R}{V_0}\right)^m} \quad \text{com } m = 1/3 \text{ a } 1/2$$

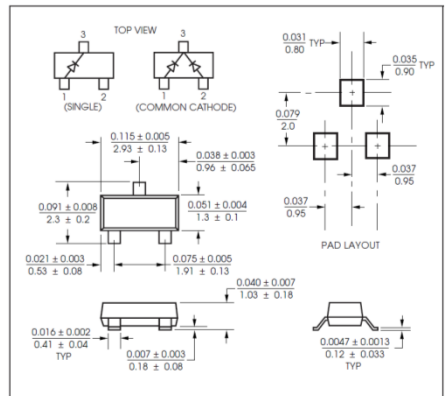
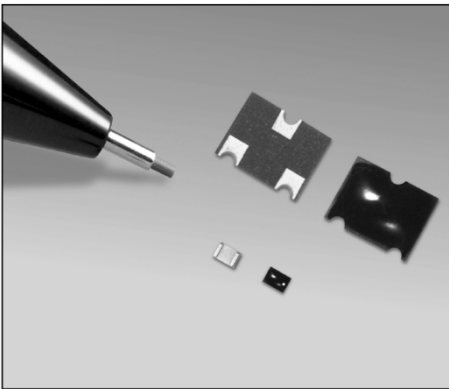
O Diodo Polarizado Reversamente



Sprague-Goodman

ENGINEERING BULLETIN
SG-950

VARACTOR DIODES



VARACTOR DIODES

SUPER HYPERABRUPT TUNING VARACTOR DIODES

FEATURES

- Mesa epitaxial silicon construction
- Silicon dioxide passivated
- Superior mid range linear characteristics
- High tuning ratios
- High Q
- Available in common cathode style
- Available in chip form (add suffix -000)

APPLICATIONS

- TCXOs, VCXOs
- Low voltage wireless open loop VCOs

- Low voltage wireless phase locked loop VCOs
- Phase shifters

SPECIFICATIONS

Reverse breakdown voltage at 10 μ A DC
(at 25°C): 12 V min

Maximum reverse leakage current at -10 V
(at 25°C): 0.05 μ A DC

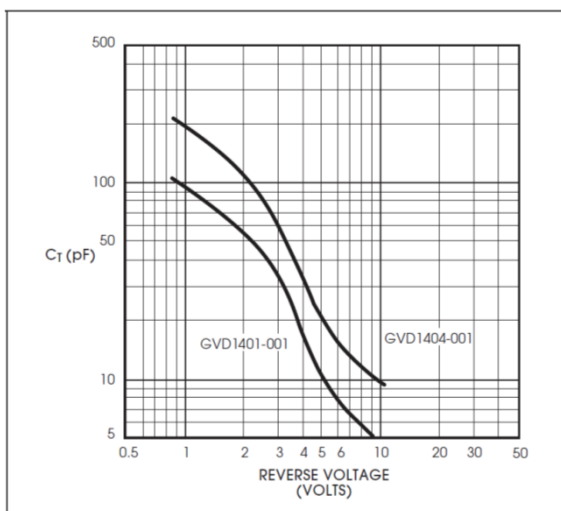
Device dissipation at 25°C: 250 mW (derated
linearly to zero at +125°C)

Operating junction temperature: -55°C to +125°C

Storage temperature: -55°C to +125°C

Total Capacitance C_T (pF) at -2 V		Total Capacitance C_T (pF) at -7 V typ	Total Capacitance C_T (pF) at -10 V		Q min at -2 V (10 MHz)	Model Number	
min	max		min	max		Single	Common Cathode
46	68	6.1	4.2	5.2	75	GVD1401-001	—
100	150	13.0	8.6	10.6	50	GVD1404-001	—

VARACTOR DIODES



Exercício

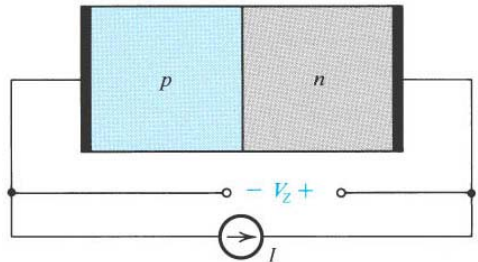
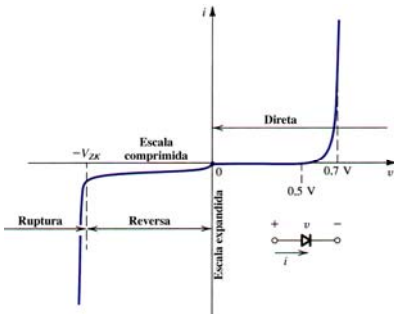
3.33 Para uma junção pn com $N_A = 10^{17}/\text{cm}^3$ e $N_D = 10^{16}/\text{cm}^3$ operando em $T = 300\text{ K}$, determine:

- (a) o valor de C_0 por unidade de área da junção (μm^2 é uma unidade conveniente) e
(b) a capacitância C_j para uma tensão de polarização reversa de 2 V assumindo uma área de junção de $2500\ \mu\text{m}^2$. Considere $n_i = 1,5 \cdot 10^{10}/\text{cm}^3$, $m = 1/2$ e o valor de V_0 determinado no Exercício 3.13 ($V_0 = 0,728\text{ V}$).

Resp. (a) $0,32\text{ fF}/\mu\text{m}^2$; (b) $0,41\text{ pF}$

360

O Diodo na Região de Ruptura



Quando $I > I_s$ a junção se rompe:

Ruptura por Efeito Zener ($< 5\text{ V}$): ocorre quando o campo elétrico na camada de depleção aumenta até quebrar ligações covalentes (pares n-p)

Ruptura por Efeito Avalanche ($> 7\text{ V}$): ocorre quando os portadores minoritários que cruzam a região de depleção quebram as ligações covalentes, e podem em seguida quebrar outras ligações