

# PSI3321 – Eletrônica Atividades para a Aula 19

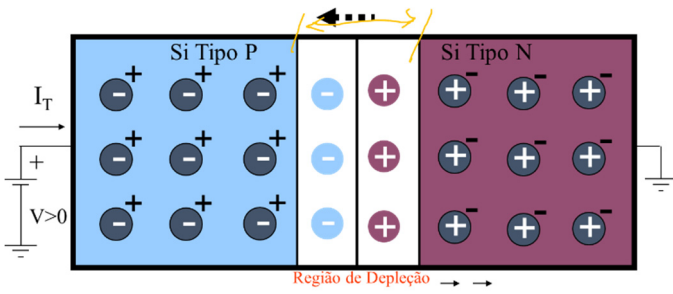


Tabela 3.1 RESUMO DASEQUAÇÕES IMPORTANTES PARA OPERAÇÃO DA JUNÇÃO pn.

Grandeza	Relação	valores de Constantes e Parâmetros (para Si intrínseco a T = 300 K)
Concentração de portadores no silício intrínseco (cm <sup>3</sup> )	$n_i^2 = BT^3 e^{-E_G/kT}$	$B = 5,4 \times 10^{31} / (K^3 \text{cm}^6)$ $E_G = 1,12 \text{ eV}$ $k = 8,62 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$ $n_i = 1,5 \times 10^{10} / \text{cm}^3$
Densidade da corrente de difusão (A/cm <sup>2</sup> )	$J_p = -qD_p \frac{dp}{dx}$ $J_n = +qD_n \frac{dn}{dx}$	$q = 1,60 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$ $D_p = 12 \text{ cm}^2/\text{s}$ $D_n = 34 \text{ cm}^2/\text{s}$
Densidade da corrente de deriva (A/cm <sup>2</sup> )	$J_{\text{deriva}} = q(p\mu_p + n\mu_n)E$	$\mu_p = 480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ $\mu_n = 1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$
Resistividade (Ω cm)	$\rho = 1/[q(p\mu_p + n\mu_n)]$	$\mu_p$ e $\mu_n$ diminuem com o aumento na concentração de dopantes
Relação entre mobilidade e difusividade	$\frac{D_n}{\mu_n} = \frac{D_p}{\mu_p} = V_T$	$V_T = kT/q$ $\approx 25 \text{ mV}$
Concentração de portadores no silício tipo n (cm <sup>3</sup> )	$n_{n0} \approx N_D$ $p_{n0} = n_i^2/N_D$	
Concentração de portadores no silício tipo p (cm <sup>3</sup> )	$p_{p0} \approx N_A$ $n_{p0} = n_i^2/N_A$	
Tensão interna da junção (V)	$V_0 = V_T \ln\left(\frac{N_A N_D}{n_i^2}\right)$	
Largura da região de depleção (cm)	$x_n = \frac{N_A}{N_D} x_p$ $w_{\text{dep}} = x_n + x_p = \sqrt{\frac{2\epsilon_s}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D}\right) (V_0 + V_R)}$	$\epsilon_s = 11,7\epsilon_0$ $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-14} \text{ F/cm}$
Carga armazenada na região de depleção (Coulomb)	$q_J = q \frac{N_A N_D}{N_A + N_D} A w_{\text{dep}}$	
Capacitância de depleção (F)	$C_J = \frac{\epsilon_s A}{w_{\text{dep}}}, C_{J0} = \frac{\epsilon_s A}{w_{\text{dep}} _{V_R=0}}$ $C_J = C_{J0} \left(1 + \frac{V_R}{V_0}\right)^{-m}$ $C_J \approx 2C_{J0}$ (para polarização direta)	$m = \frac{1}{3} \text{ a } \frac{1}{2}$
Corrente direta (A)	$I = I_p + I_n$ $I_p = Aq n_i^2 \frac{D_p}{L_p N_D} (e^{V/V_T} - 1)$ $I_n = Aq n_i^2 \frac{D_n}{L_n N_A} (e^{V/V_T} - 1)$	
Corrente de saturação (A)	$I_s = Aq n_i^2 \left( \frac{D_p}{L_p N_D} + \frac{D_n}{L_n N_A} \right)$	
Tempo de vida dos portadores minoritários (s)	$\tau_p = L_p^2/D_p, \tau_n = L_n^2/D_n$	$L_p, L_n = 1 \text{ a } 100 \mu\text{m}$ $\tau_p, \tau_n = 1 \text{ a } 10^8 \text{ ns}$
Carga armazenada devido aos portadores minoritários (C)	$Q_p = \tau_p I_p, Q_n = \tau_n I_n$ $Q = Q_p + Q_n = \tau_T I$	
Capacitância de difusão (F)	$C_d = (\tau_T / V_T) I$	

1) (3.34) Um diodo tem  $N_A = 10^{17} / \text{cm}^3, N_D = 10^{16} / \text{cm}^3, n_i = 1,5 \cdot 10^{10} / \text{cm}^3, L_p = 5 \mu\text{m}, L_n = 10 \mu\text{m}, A = 2500 \mu\text{m}^2, D_p$  (na região n) =  $10 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ , e  $D_n$  (na região p) =  $18 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ . O diodo está diretamente polarizado e conduzindo uma corrente  $I = 0,1 \text{ mA}$ . Calcule:  
 (a)  $I_s$ ; (b) A tensão de polarização direta  $V$ ; (c) A componente da corrente devida à injeção de lacunas e aquela devida à injeção de elétrons através da junção; (d)  $\tau_p$  e  $\tau_n$   
 (a)  $2 \cdot 10^{-15} \text{ A}$ ; (b)  $0,616 \text{ V}$ ; (c)  $91,7 \text{ mA}, 8,3 \text{ mA}$ ; (d)  $25 \text{ ns}, 55,6 \text{ ns}$ ;

(e) a carga  $Q_p$  do excesso de lacunas na região n e a carga  $Q_n$  do excesso de elétrons na região p;

(f) e a carga total  $Q$  de portadores minoritários armazenada, e o tempo de trânsito  $\tau_T$ ; (f) A capacitância de difusão. 1)

2) Determine a região de operação dos transistores nos circuitos abaixo. Determine também todas as correntes dos circuitos.

