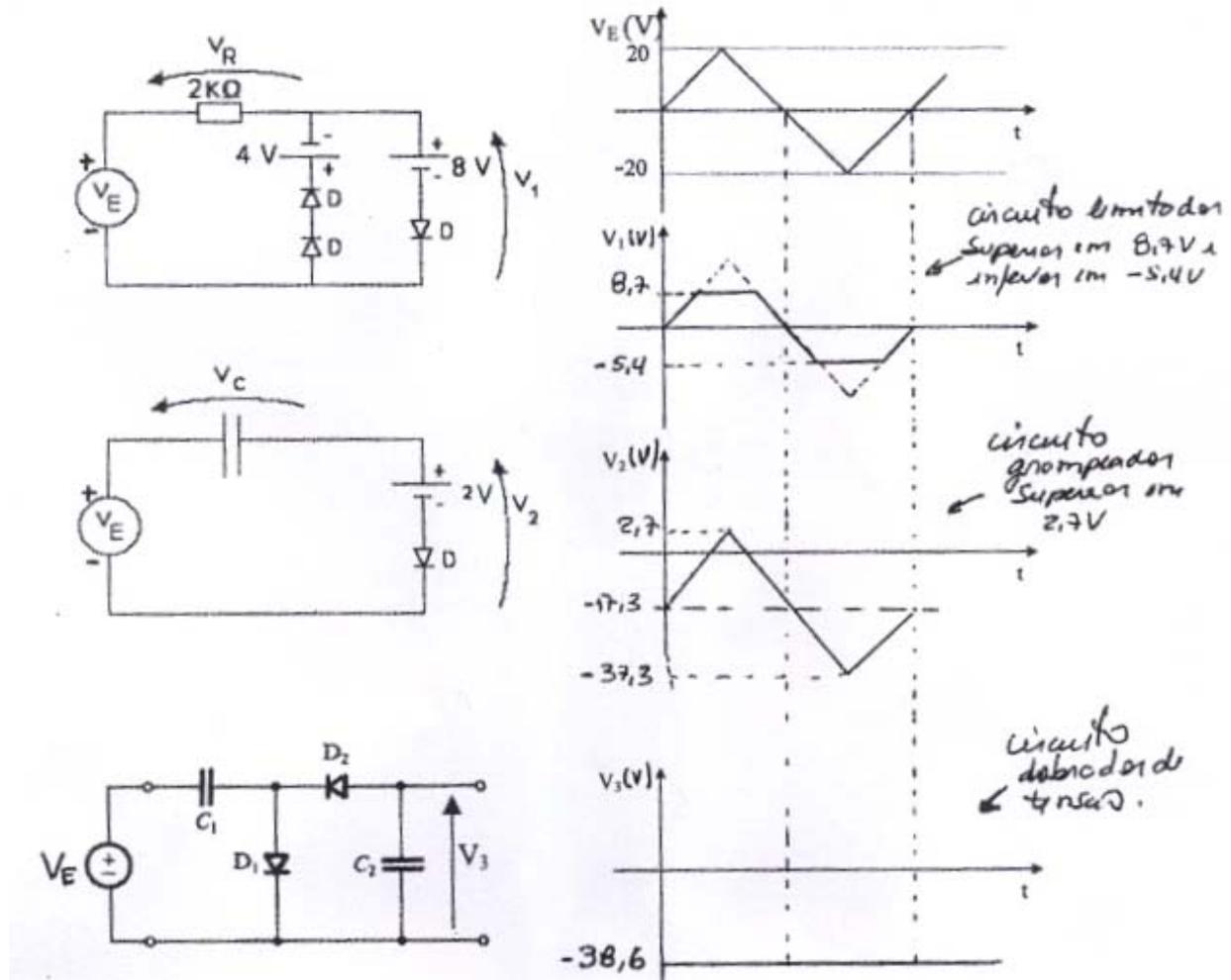
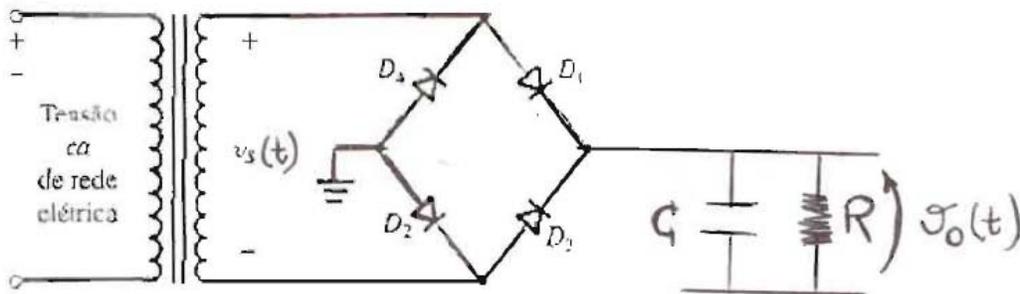


PSI3321 - GABARITO DA LISTA ADICIONAL DE EXERCÍCIOS PARA P2

1) (Prova 2007) - Para os circuitos abaixo, desenhar as formas de onda da tensão V_1 , V_2 e V_3 sincronizadas com o sinal de entrada V_E , após o eventual transitório, indicando os respectivos valores de tensão. Considere para o diodo o modelo de tensão constante, $V_{D0} = 0,7 \text{ V}$.



2) (Prova 2014)



a) determine o valor do capacitor para garantir, na pior situação, uma tensão de pico a pico de ondulação(V_r) menor ou igual à 0,2V.

$$v_s(t) = 17,5 \text{sen}(2\pi 50t) \text{ onde } f = 50\text{Hz}$$

$$V_{S_{\text{pico}}} = 17,5V,$$

$$V_{O_{\text{pico}}} = 17,5V - 2V_D = 17,5 - 2 \times 0,75 = 16V$$

$$T = \frac{1}{50\text{Hz}} = 20\text{ms} \text{ (onda senoidal)}$$

Desta forma:

$$V_r = V_{O_{\text{pico}}} \cdot T / (2 \cdot C \cdot R) \text{ (retificador de onda completa)}$$

Na pior situação, $R = 500 \Omega$, portanto:

$$C \geq \frac{16V \times 20\text{ms}}{2 \times 0,2 \times 500} = 1,6\text{mF}$$

b) Qual a corrente máxima e a tensão inversa (PIV) que os diodos devem suportar? (Despreze o efeito de ondulação para determinar a tensão média na carga). Calcule ainda o ângulo de condução.

$$\text{Considere: } \sqrt{5} = 2,23 \quad \sqrt{10} = 3,16 \quad \sqrt{20} = 4,47 \quad \sqrt{30} = 5,48 \quad \pi = 3,14$$

$$V_P = V_{O_{\text{pico}}}$$

A pior situação de $i_{D_{\text{max}}}$ ocorre para $R = 500\Omega$

Temos também,

$$I_L = V_P / R = 16V / 500\Omega = 32\text{mA} \text{ (pior situação)}$$

Portanto,

$$i_{D_{\text{max}}} = I_L [1 + 2 \cdot \pi (V_P / 2 \cdot V_r)^{1/2}] \text{ (retificador de onda completa)}$$

$$i_{D_{\text{max}}} = 32 [1 + 2 \cdot \pi (16 / (2 \times 0,2))^{1/2}] = 1302\text{mA} = 1,3\text{A}$$

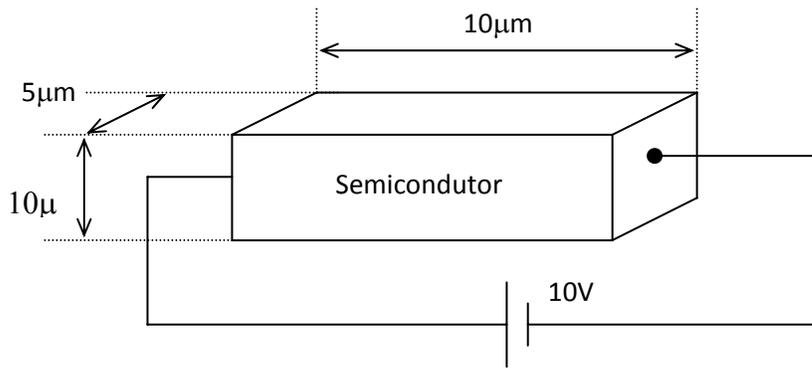
A tensão inversa máxima é dada por:

$$PIV = V_{S_{\text{pico}}} - V_D = V_P + V_D = 17,5 - 0,75 = 16,75V$$

O ângulo de condução é dado por:

$$\theta_{\text{condução}} = \omega \cdot \Delta t = \sqrt{2V_r / V_P} = \sqrt{20,2 / 16} = 0,223\text{rad}$$

3) (Prova - 2003)



a) Determine a concentração de elétrons e lacunas. O semicondutor é tipo N ou tipo P? Justifique.

$$N_A = 9 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}, N_D = 5,9 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}.$$

$$N = N_D - N_A = 5,0 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \text{ (o semicondutor é tipo N).}$$

$$n = N = 5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}, p = n_i^2/n = 10^{20}/5 \times 10^{16} = 2 \times 10^3 \text{cm}^{-3}$$

$n = 5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3}$ $p = 2 \times 10^3 \text{cm}^{-3}$
--

b) Calcule a corrente elétrica desta barra de material semicondutor quando uma tensão de 10V é aplicada através da mesma.

$$\varepsilon = \frac{V}{l} = \frac{10}{10 \times 10^{-4}} = 10^4 \text{V/cm} \qquad A = 5 \times 10^{-4} \cdot 10 \times 10^{-4} = 5 \times 10^{-7} \text{cm}^2$$

$$I_n = q \cdot A \cdot \mu_n \cdot (N_D - N_A) \cdot \varepsilon = 1,6 \times 10^{-19} \cdot 5 \times 10^{-7} \cdot 1000 \cdot 5 \times 10^{16} \cdot 10^4 = 25 \times 1,6 \times 10^3 = 40 \text{mA}$$

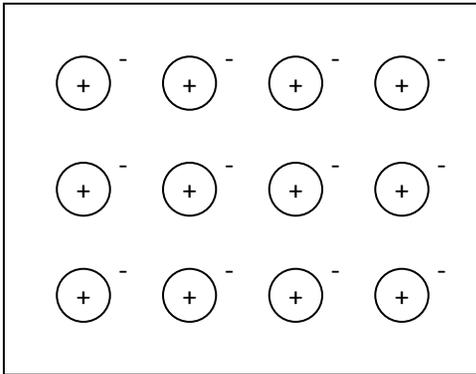
$I_n = 40 \text{mA}$

c) Ainda considerando a tensão de 10V aplicada através do material, qual o tempo médio que leva o elétron para percorrer a distância de $10\mu\text{m}$ de uma extremidade a outra do material.

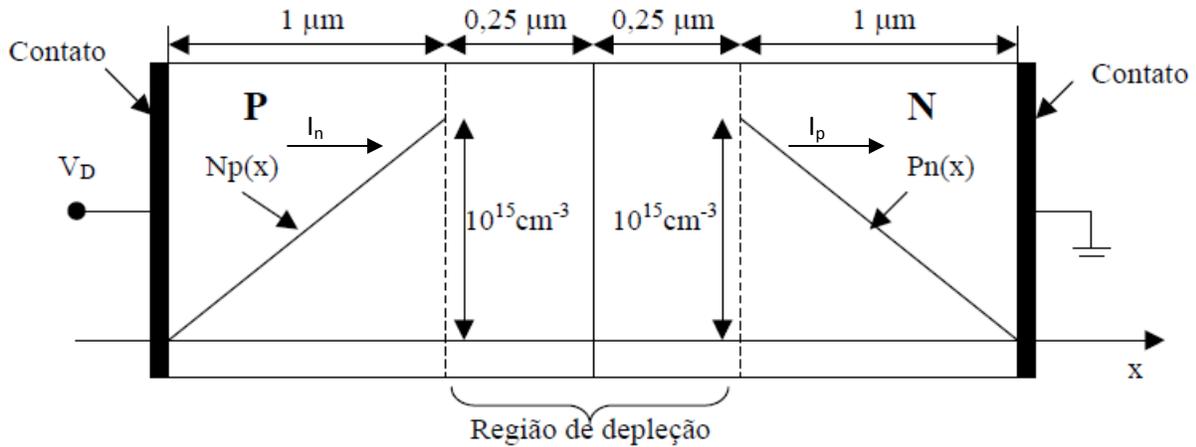
$$\overline{v}_n = \mu_n \cdot \varepsilon = 1000 \times 10^4 = 10^7 \text{cm/s} \qquad \overline{t} = \frac{\Delta d}{\overline{v}_n} = \frac{10 \times 10^{-4}}{10^7} = 100 \text{ps}$$

$t = 100 \text{ps}$

d) Desenhe o diagrama de cargas equivalentes (indicar apenas cargas fixas e móveis majoritárias).



4) (Prova - 2004)



a) Determine as correntes de difusão de elétrons e lacunas (I_n e I_p). Qual a corrente total através da junção?

$$I_n = -qD_n \cdot A \cdot \frac{\partial p}{\partial x} = 5 \times 10^{-18} \cdot 2 \times 10^{-5} \cdot \frac{10^{15}}{10^{-4}} = 1 \text{mA} \quad I_p = -qD_p \cdot A \cdot \frac{\partial p}{\partial x} = 2,5 \times 10^{-18} \cdot 2 \times 10^{-5} \cdot \frac{10^{15}}{10^{-4}} = 0,5 \text{mA}$$

$$I_D = I_p + I_n = 1 + 0,5 = 1,5 \text{mA}$$

b) Determine a capacitância de difusão (em Farads).

$$C_{\text{difusão}} = \frac{\tau_T}{V_T} x I_D = \frac{10 \times 10^{-6}}{25 \times 10^{-3}} x 1,5 \times 10^{-3} = 0,6 \mu\text{F}$$

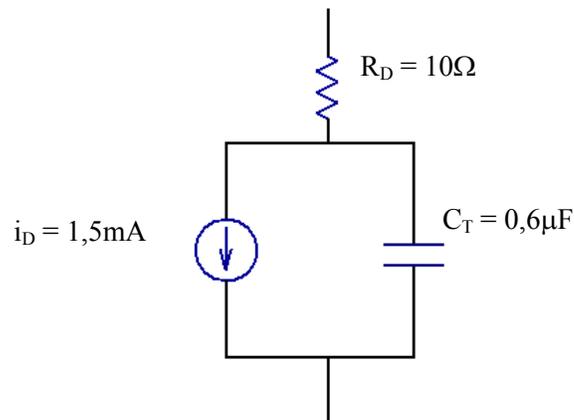
c) Determine a capacitância de depleção (em Farads).

$$C_{\text{depleção}} = \frac{\epsilon_S A}{d} = \frac{\epsilon \epsilon_0 A}{d} = \frac{10^{-12} \cdot 2 \times 10^{-5}}{0,5 \times 10^{-4}} = 4 \text{ pF}$$

$$d = 0,25 \mu\text{m} + 0,25 \mu\text{m} = 0,5 \mu\text{m}$$

$$C_{\text{depleção}} = 0,4 \text{ pF}$$

d) Desenhe o modelo transitório do diodo considerando as capacitâncias envolvidas sabendo-se que a resistência total dos contatos é $R_S = 10 \Omega$



5) (Prova - 2004)

a) A corrente no diodo se for polarizado reversamente com 10V.

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right) \Rightarrow V_D = -10V \Rightarrow I_D \cong -I_S$$

$$I_D = -I_S = -A \cdot q \cdot n_i^2 \left(\frac{D_p}{L_p \cdot N_D} + \frac{D_n}{L_n \cdot N_A} \right) = -\frac{10^4}{1,6} \times 10^{-8} \cdot 1,6 \times 10^{-19} \cdot (10^{10})^2 \left(\frac{10}{1 \times 10^{-4} \cdot 10^{15}} + \frac{30}{3 \times 10^{-4} \cdot 10^{17}} \right)$$

$$I_D = -10^{-13} (10^{-10} + 10^{-12}) = -10^{-13} (1 + 0,01) \cong -10^{-13} = -0,1 \text{ pA}$$

$$I_D = -0,1 \text{ pA}$$

b) A tensão no diodo se for polarizado diretamente com uma corrente de 1mA.

$$V_D = \frac{KT}{q} \ln \frac{I_D}{I_S} = 0,25 \ln \frac{1 \times 10^{-3}}{0,1 \times 10^{-12}} = 0,025 \ln 10^{10}$$

$$V_D = 0,025 \times 10 \times \ln(10) = 0,50V$$

$$V_D = 0,50V$$

c) A relação entre as correntes de lacunas e de elétrons (I_p/I_n).

$$\frac{I_p}{I_n} = \frac{Aq n_i^2 \frac{D_p}{L_p N_D} \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right)}{Aq n_i^2 \frac{D_n}{L_n N_A} \left(e^{\frac{V_D}{V_T}} - 1 \right)} = \frac{10}{\frac{1 \times 10^{-4} \times 10^{15}}{30}} = 100$$

$$I_p/I_n = 100$$

d) Se o diodo for polarizado de forma a se obter uma corrente total de 10mA, qual será o valor das componentes de corrente de lacunas e de elétrons (obs. Utilize a relação obtida no item c).

$$\left. \begin{array}{l} I_n + I_p = 10mA \\ \frac{I_p}{I_n} = 100 \end{array} \right\} \begin{array}{l} I_n + 100I_n = 10mA \Rightarrow I_n = \frac{10mA}{101} \cong 0,1mA \\ I_p = 10 - 0,1 = 9,9mA \end{array}$$

$$\begin{array}{l} I_p = 9,9mA \\ I_n = 0,1mA \end{array}$$

e) O tempo de vida dos elétrons na região tipo P.

$$\tau_n = \frac{L_n^2}{D_n} = \frac{(3 \times 10^{-4})^2}{30} = 3ns$$

$$\tau_n = 3ns$$

f) Se o diodo for polarizado reversamente de forma que a região de depleção total seja de 202μm, determinar a região de depleção que fica do lado P e do lado N.

$$\left. \begin{array}{l} X_n + X_p = 202\mu m \\ \frac{X_n}{X_p} = \frac{N_A}{N_D} = \frac{10^{17}}{10^{15}} = 100 \end{array} \right\} \begin{array}{l} X_n = 100X_p \Rightarrow 100X_p + X_p = 202\mu m \Rightarrow X_p = \frac{202}{101} = 2\mu m \\ X_n = 100 \times 2 = 200\mu m \end{array}$$

$$\begin{array}{l} X_p = 2\mu m \\ X_n = 200\mu m \end{array}$$