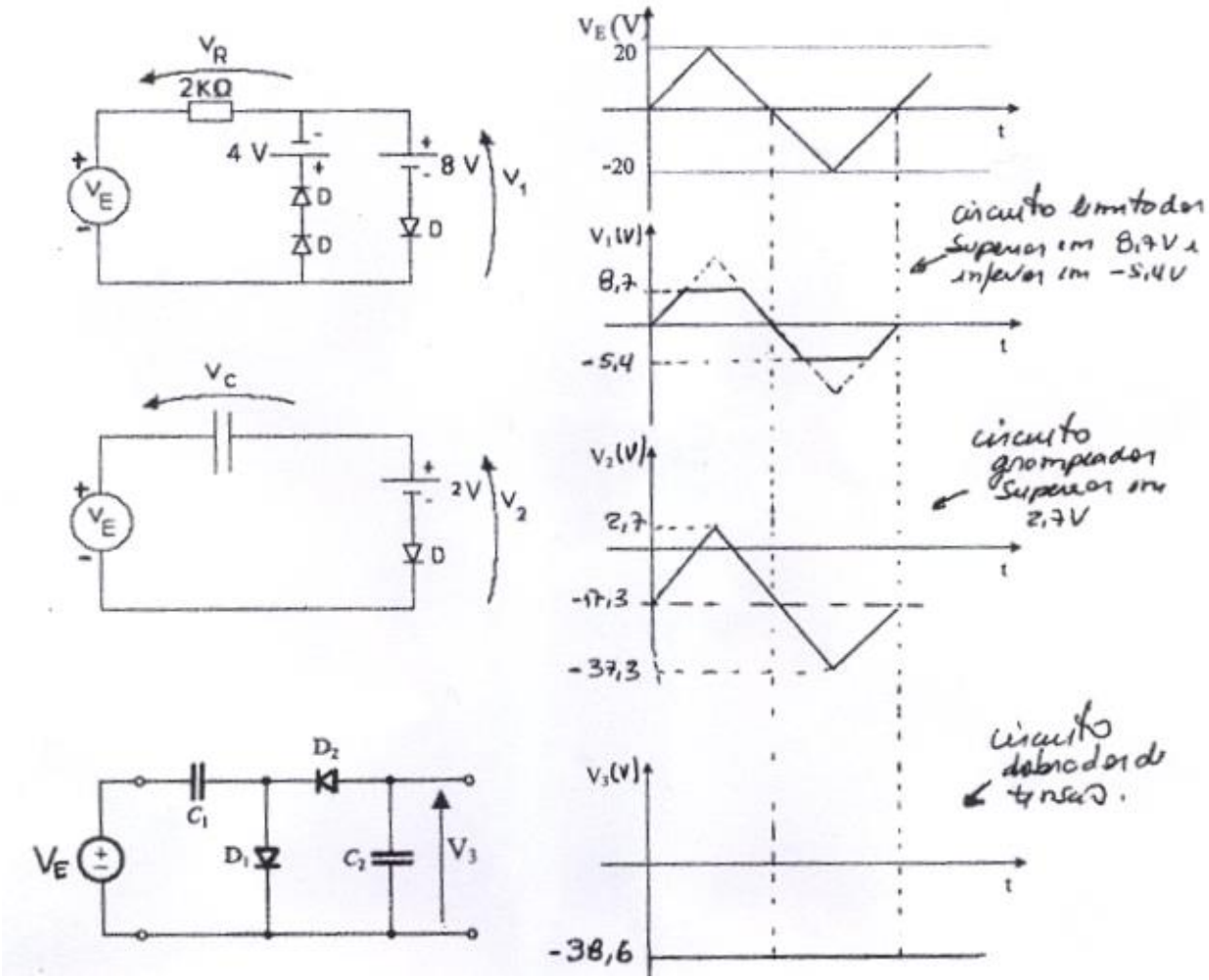
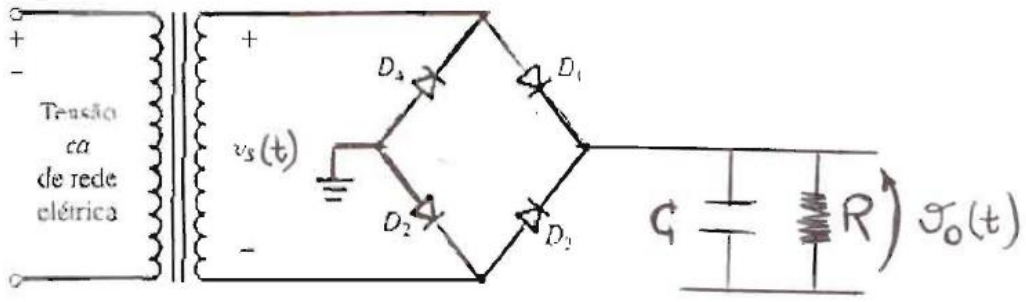
PSI3321 - GABARITO DA LISTA ADICIONAL DE EXERCÍCIOS PARA P2 – Parte I

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, $V_{D0} = 0,7$ V.



2) (Prova 2014)



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

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

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

$V_{O_{pico}} = 17{,}5V - 2V_D = 17{,}5 - 2x0{,}75 = 16V$

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

Desta forma:

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

Na pior situação, R= 500 Ω, portanto:

$C \geq \frac{16Vx20ms}{2x0{,}2x500} = 1{,}6mF$

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.

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

$V_P = V_{O_{pico}}$

A pior situação de i_{Dmax} ocorre para R= 500Ω

Temos também,

$I_L = V_P/R$ = 16V/500Ω = 32mA (pior situação)

Portanto,

$i_{Dmax} = I_L [1 + 2.\pi (V_P / 2.V_r)^{1/2}]$ (retificador de onda completa)

$i_{Dmax} = 32 [1 + 2.\pi (16 /(2x0{,}2))^{1/2}] = 1302mA = 1{,}3A$

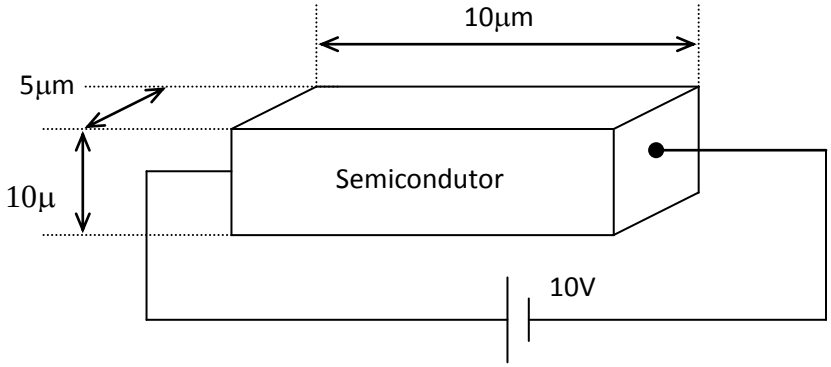
A tensão inversa máxima é dada por:

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

O ângulo de condução é dado por:

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

3) (Prova - 2003)



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

$N_A = 9x10^{15}cm^{-3}$, $N_D = 5{,}9x10^{16}cm^{-3}$.

$N = N_D - N_A = 5{,}0x10^{16}cm^{-3}$ (o semicondutor é tipo N).

$n = N = 5x10^{16}cm^{-3}$, $p = ni^2/n = 10^{20}/5x10^{16} = 2x10^3cm^{-3}$

$n = 5x10^{16}cm^{-3}$
$p = 2x10^3cm^{-3}$

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

$$\varepsilon = \frac{V}{l} = \frac{10}{10x10^{-4}} = 10^4 V/cm \qquad A = 5x10^{-4}.10x10^{-4} = 5x10^{-7}cm^2$$

$$I_n = q.A.\mu_n.(N_D - N_A).\varepsilon = 1{,}6x10^{-19}.5x10^{-7}.1000.5x10^{16}.10^4 = 25x1{,}6x10^3 = 40mA$$

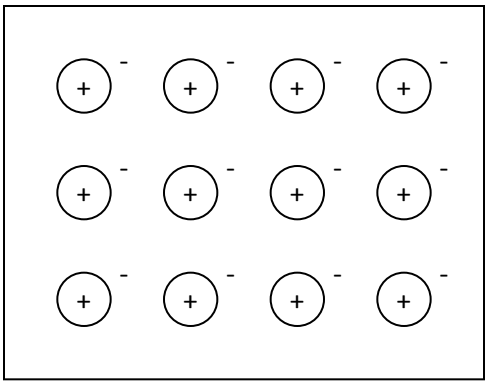
$I_n = 40mA$

c) Ainda considerando a tensão de 10V aplicada através do material, qual o tempo médio que leva o elétron para percorrer a distância de 10μm de uma extremidade a outra do material.

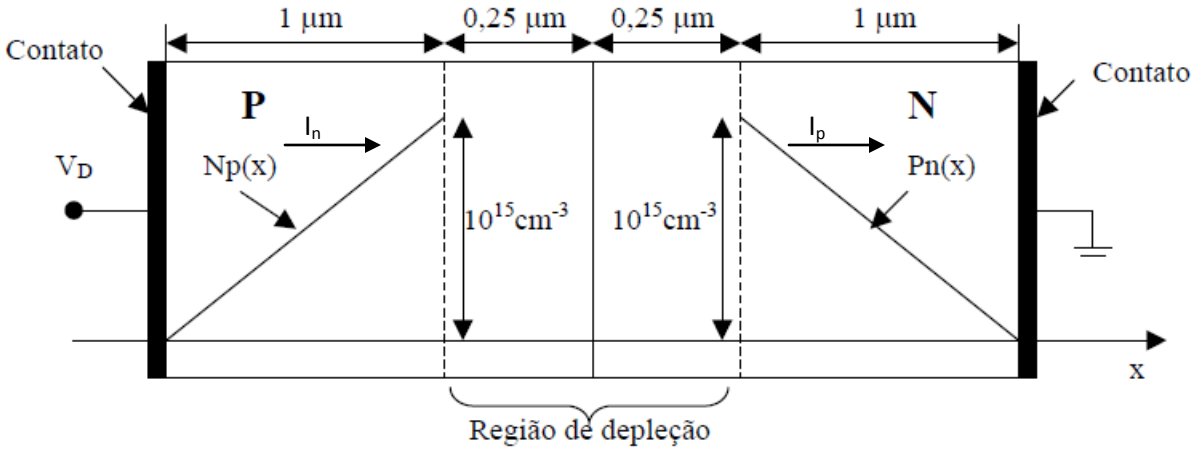
$$\overline{v_n} = \mu_n.\varepsilon = 1000x10^4 = 10^7 cm/s \qquad \overline{t} = \frac{\Delta d}{\overline{v_n}} = \frac{10x10^{-4}}{10^7} = 100ps$$

$t = 100ps$

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?

$$I_n = -qD_n.A.\frac{\partial p}{\partial x} = 5x10^{-18}.2x10^{-5}.\frac{10^{15}}{10^{-4}} = 1mA \; I_p = -qD_p.A.\frac{\partial p}{\partial x} = 2{,}5x10^{-18}.2x10^{-5}.\frac{10^{15}}{10^{-4}} = 0{,}5mA$$

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

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

$$C_{difusão} = \frac{\tau_T}{V_T} x I_D = \frac{10x10^{-6}}{25x10^{-3}} x1{,}5x10^{-3} = 0{,}6\mu F$$

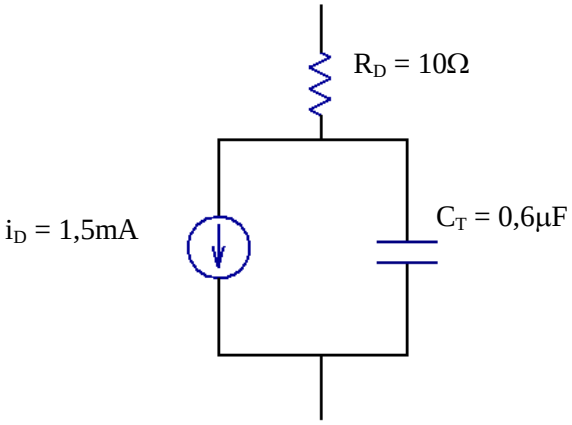
c) Determine a capacitância de depleção (em Farads).

$$C_{depleção} = \frac{\varepsilon_S A}{d} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 A}{d} = \frac{10^{-12}.2x10^{-5}}{0{,}5x10^{-4}} = 4pF$$

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

$C_{depleção}$ = 0,4pF

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.

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

$$I_D = -I_S = -A.q.n_i^2\left(\frac{D_P}{L_P.N_D} + \frac{D_n}{L_n.N_A}\right) = -\frac{10^4}{1{,}6}x10^{-8}.1{,}6x10^{-19}.(10^{10})^2\left(\frac{10}{1x10^{-4}.10^{15}} + \frac{30}{3x10^{-4}.10^{17}}\right)$$

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

I_D = -0,1pA

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

$$V_D = \frac{KT}{q}\ln\frac{I_D}{I_S} = 0{,}25\ln\frac{1x10^{-3}}{0{,}1x10^{-12}} = 0{,}025\ln 10^{10}$$

$$V_D = 0{,}025x10x\ln(10) = 0{,}50V$$

$V_D = 0{,}50V$

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

$$\frac{I_p}{I_n} = \frac{Aqn_i^2\frac{D_p}{L_pN_D}\left(e^{\frac{V_D}{V_T}}-1\right)}{Aqn_i^2\frac{D_n}{L_nN_A}\left(e^{\frac{V_D}{V_T}}-1\right)} = \frac{\frac{10}{1x10^{-4}x10^{15}}}{\frac{30}{3x10^{-4}x10^{17}}} = 100$$

$I_p/I_n = 100$

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).

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

$I_p = 9{,}9mA$
$I_n = 0{,}1mA$

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

$$\tau_n = \frac{L_n^2}{D_n} = \frac{(3x10^{-4})^2}{30} = 3ns$$

$\tau_n = 3ns$

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.

$$\left.\begin{array}{l} X_n + X_p = 202\mu A \\ \dfrac{X_n}{X_p} = \dfrac{N_A}{N_D} = \dfrac{10^{17}}{10^{15}} = 100 \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} X_n = 100X_p => 100X_p + X_p = 202\mu m => X_p = \dfrac{202}{101} = 2\mu m \\ X_n = 100x2 = 200\mu m \end{array}$$

$X_p = 2\mu m$
$X_n = 200\mu m$