

obs: Prova sem consulta. Pode usar calculadora. Respostas a lápis serão corrigidas, mas não aceito reclamação da correção das mesmas.

1) a) Calcule as concentrações de portadores, majoritários e minoritários, de uma junção PN e o potencial interno.

b) Caso esta junção fosse polarizada diretamente ($V_D=760\text{mV}$), qual o valor da corrente. Dados: $N_A=3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$; $N_D=4 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$; $T=250\text{K}$; $I_S=3 \cdot 10^{-16} \text{ A}$. Obs: calcular V_T .

$$a) \cdot n_i = \sqrt{3} T^{3/2} \exp\left(\frac{-E_g/2}{kT}\right) \Rightarrow n_i = 1,081 \cdot 10^8 \text{ cm}^{-3}$$

\downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow
 $5,2 \cdot 10^{15}$ $1,2 \cdot 10^{-19}$ $1,38 \cdot 10^{-23}$

• Lado P

$$p_p = N_A = 3 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-3}$$

$$n_p = \frac{n_i^2}{p_p} = \frac{(1,081 \cdot 10^8)^2}{3 \cdot 10^{16}} \Rightarrow n_p = 0,3899 \text{ cm}^{-3}$$

• Lado N

$$n_n = N_D = 4 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$p_n = \frac{n_i^2}{n_n} = \frac{(1,081 \cdot 10^8)^2}{4 \cdot 10^{17}} \Rightarrow p_n = 0,0292 \text{ cm}^{-3}$$

• Potencial interno

$$V_0 = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2} \Rightarrow V_0 = 0,894 \text{ V}$$

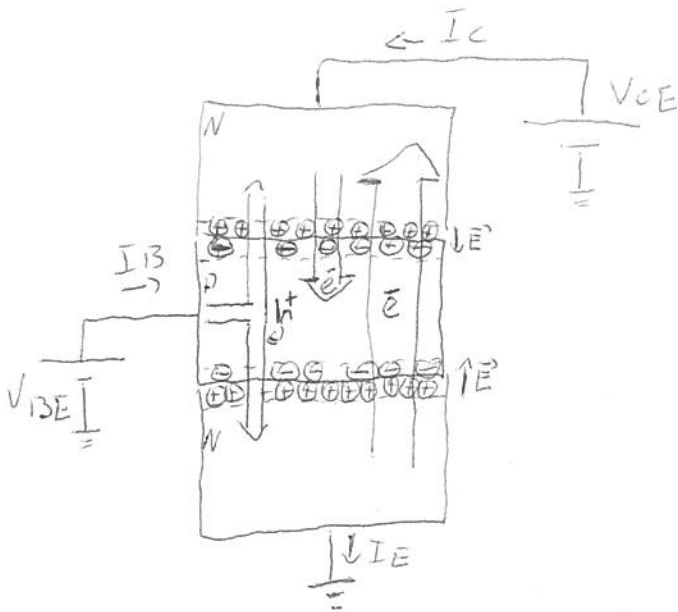
\downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow
 $1,38 \cdot 10^{-23}$ $3 \cdot 10^{16}$ $4 \cdot 10^{17}$ $1,6 \cdot 10^{-19}$ $1,08 \cdot 10^8$

$$V_T \approx 21,562 \text{ mV}$$

$$b.) I_D = I_S \exp\left(\frac{V_D}{V_T}\right) \Rightarrow I_D = 608,7 \text{ mA}$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 $3 \cdot 10^{-16}$ $21,562 \cdot 10^{-3}$ $0,76$

2) Explique as correntes e fluxo de portadores que fluem em um transistor NPN, funcionando na região de saturação.



1) Região de saturação \Rightarrow duas junções polarizadas diretamente $\left\{ \begin{array}{l} V_{BE} > V_E \\ V_{BC} > V_C \end{array} \right.$

2-) A largura das regiões de depleção é mínima

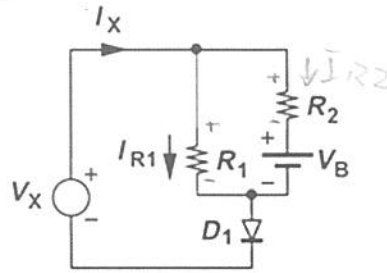
3-) Domesmo modo que em um diodo, as lacunas se difundem pelo emissor e pelo coletor, e são provenientes da base (corrente baixa). Também, há a difusão de elétrons pela base, provenientes do coletor e do emissor.

4-) Próximo à região de depleção da junção B.C, diferente do modo ativo, a ~~grã de depleção~~ concentração de elétrons é diferente de zero, devido à injeção de elétrons do coletor para a base, modificando o perfil do gradiente de concentração de elétrons da base, portanto, diminuindo I_C

5-) Para a saturação forte $V_{BE} > 0,4V$

$$I_C = I_{S_{BE}} \exp\left(\frac{V_{BE}}{V_T}\right) - I_{S_{BC}} \exp\left(\frac{V_{BC}}{V_T}\right)$$

3) Desenhe o gráfico $I_x \times v_x$ do circuito abaixo. Considere o modelo de queda de tensão constante para o diodo e $V_B > 0$.



* Para D_1 - fechado

$$I_x = I_{R1} + I_{R2}$$

$$I_x = \frac{V_x - V_{D0AV}}{R_1} + \frac{V_x - V_B - V_{D0AV}}{R_2}$$

$$I_x = (V_x - V_{D0AV}) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{V_B}{R_2}$$

$\Rightarrow D_1$ abre para $I_x < 0$

$$(V_x - V_{D0AV}) \cdot \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) - \frac{V_B}{R_2} < 0$$

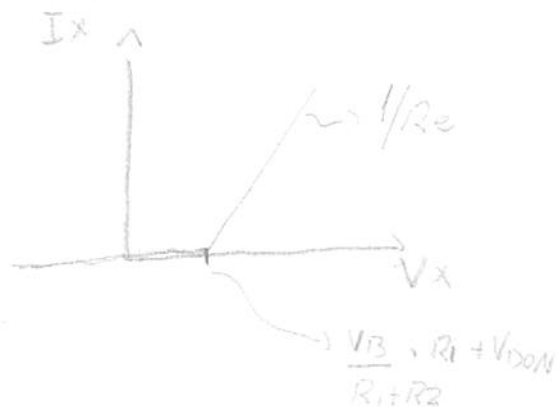
$$\frac{1}{R_e} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

$$\frac{V_x}{R_e} - \frac{V_{D0AV}}{R_e} < \frac{V_B}{R_2}$$

$$V_x < \left(\frac{V_B}{R_2} + \frac{V_{D0AV}}{R_e} \right) \cdot R_e \Rightarrow V_x < \frac{V_B \cdot R_e}{R_2} + V_{D0AV}$$

$$\therefore V_x < \frac{V_B \cdot R_1 R_2}{R_1 + R_2} + V_{D0AV} \Rightarrow V_x < \frac{V_B \cdot R_1}{R_1 + R_2} + V_{D0AV}$$

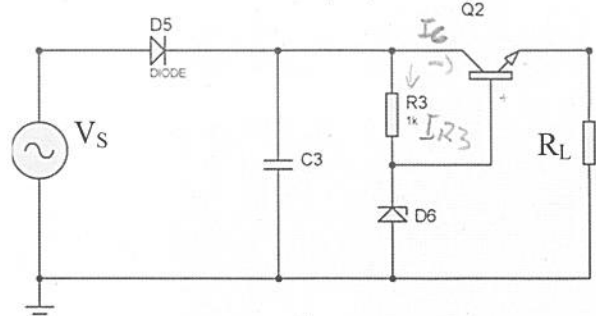
* Para D_1 aberto $\Rightarrow I_x = 0$



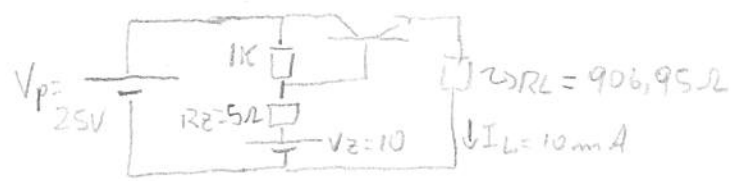
Tempo máximo 10 min

4) Dados: $V_S=25V_p$; $V_Z=10V$; $r_z=5\Omega$; $V_T=26mV$; $I_S=5 \times 10^{-17}A$; $\beta=100$; $V_A=\infty$; $R_3=1K\Omega$; $I_{RL}=10mA$; $f=60Hz$. Determine o valor do capacitor C_3 , de modo que a tensão na carga varie de 10 mVpp. Dica: utilizar o modelo fonte em série com resistor para o zenner, considere o modelo do diodo (D5) ideal e $I_Z \gg I_B$.

$R_L = 906,95\Omega$



• Modelo cc \Rightarrow assumo $V_{cc} = V_S$, ou seja, desprezo o ripple



• $V_{RL} = I_L \cdot R_L = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 906,95 = 9,0695V$
 • $V_{BE} = V_T \ln \frac{I_C}{I_S} \approx \frac{V_T}{\beta} \cdot I_E \approx \frac{26 \cdot 10^{-3}}{100} \cdot I_C \approx 0,26 \cdot I_C$

$\Rightarrow \begin{cases} V_{BE} = 0,8559V \\ I_C = 9,901mA \end{cases}$

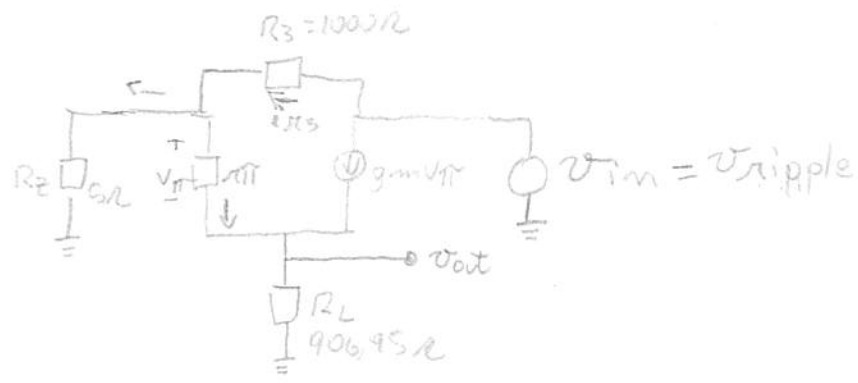
• $V_{B3} = V_{RL} + V_{BE} \Rightarrow V_{B3} = 9,9254$

• $I_{R3} = \frac{V_{R3}}{R_3} = \frac{25 - 9,9254}{1000} \Rightarrow I_{R3} = 15,0746mA$

• Modelo de pequeno sinal

• $g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{9,901}{26} \Rightarrow g_m = 0,3808S$

• $r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{0,38} \Rightarrow r_{\pi} = 262,6\Omega$



$$V_{out} = R_L \cdot I_L = R_L \cdot (g_m v_{\pi} + \frac{v_{\pi}}{r_o}) \Rightarrow V_{out} = 348,4615 v_{\pi}$$

$r_o = 900,95$
 $L = 2,3508$ $228,2,6$

$$V_{R2} = v_{\pi} + V_{out} \Rightarrow V_{R2} = (348,4615 + 1) \cdot v_{\pi} \Rightarrow V_{R2} = 349,4615 v_{\pi}$$

$$i_{R3} = i_{R2} + \frac{v_{\pi}}{R2} = \frac{V_{R2} + v_{\pi}}{R2} = \frac{349,4615 v_{\pi} + v_{\pi}}{5} \Rightarrow i_{R3} = 69,8961 v_{\pi}$$

$$V_{R3} = R3 \cdot i_{R3} \Rightarrow V_{R3} = 6,9896 \cdot 10^4 v_{\pi}$$

$$V_{in} = V_{R2} + V_{R3} \Rightarrow V_{in} = 7,0246 \cdot 10^4 v_{\pi}$$

$$V_{out} = 4,9606 \cdot 10^{-3} V_{in}$$

$\hookrightarrow \frac{V_{out}}{V_{in}}$

$$\Rightarrow V_{RL} = V_{out} = 10 \text{ mV} \Rightarrow V_{in} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{4,9606 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow V_{in} = 2,0159 \text{ V}$$

$$V_{ripple} = V_{in} = 2,0159 \text{ V}$$

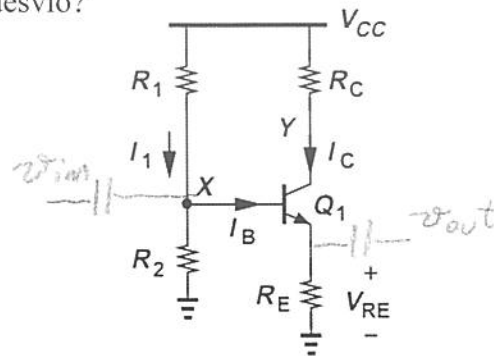
\Rightarrow Retificador 1/2 onda

$$V_{r} \approx \frac{I_L}{C \cdot f} = \frac{I_C + I_{R3}}{C \cdot f} \Rightarrow 2,0159 = \frac{(9,9 + 15,07) \cdot 10^{-3}}{C \cdot 60}$$

$$\Rightarrow C = 2,0649 \cdot 10^{-4} \text{ F}$$

tempo máximo: 4 milis

5) Observe o circuito e explique a função do resistor R_E . O que acontece com o módulo do ganho de pequenos sinais, ao aumentarmos o valor de R_E ? O que acontece com o módulo do ganho de pequenos sinais, ao colocarmos um capacitor em paralelo com R_E (capacitor de desvio)?



- 1-) O resistor R_E funciona como uma realimentação negativa: qualquer aumento de I_C , causado por temperatura, tolerância dos resistores, etc, causa um aumento em V_{RE} , logo diminui V_{BE} e I_C .
- 2-) Quanto maior é o valor de R_E , menor é o módulo do ganho, no entanto, mais linear fica o circuito.
- 3-) Ao colocar o capacitor de desvio, no modelo de pequenos sinais, R_E fica em curto circuito. Portanto o ganho aumenta.

tempo máx: 8 min