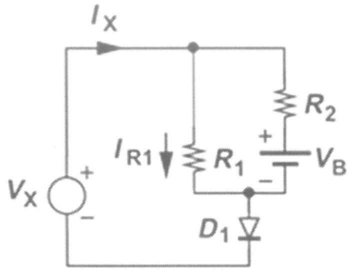
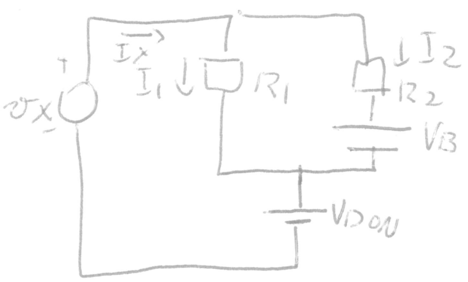
EE-532: - Eletrônica Aplicada
Prova 1
Nome:______________________________ **RA:**______________

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

1) Desenhe o gráfico I_x x v_x do circuito abaixo. Considere o modelo de queda de tensão constante para o diodo.



• D_1 → conduzindo



$$I_x = I_1 + I_2 = \frac{v_x - v_{DON}}{R_1} + \frac{v_x - V_B - V_{DON}}{R_2}$$

$$I_x = \frac{R_2 v_x - R_2 v_{don} + R_1 v_x - R_1 V_B - R_1 V_{DON}}{R_1 \cdot R_2}$$

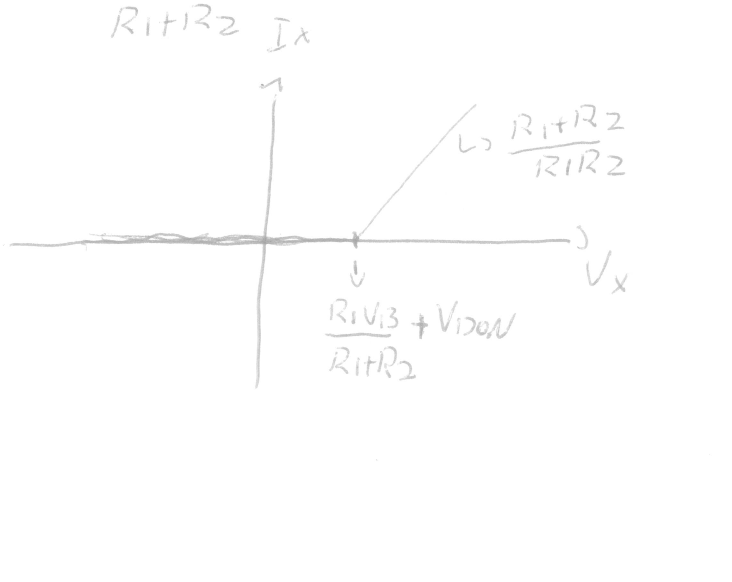
$$I_x = v_x \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} - \left[\frac{R_1 V_B + v_{DON} \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 R_2}\right]$$

• D_1 aberto => $I_x \leq 0$

$$v_x \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} - \left[\frac{R_1 V_B + v_{DON}(R_1 + R_2)}{R_1 R_2}\right] \leq 0$$

$$v_x \leq \frac{R_1 V_B + V_{DON}(R_1 + R_2)}{\cancel{R_1 \cdot R_2}} \cdot \frac{\cancel{R_1 R_2}}{R_1 + R_2}$$

$$v_x \leq \frac{R_1 V_B}{R_1 + R_2} + V_{DON} \Rightarrow I_x = 0$$

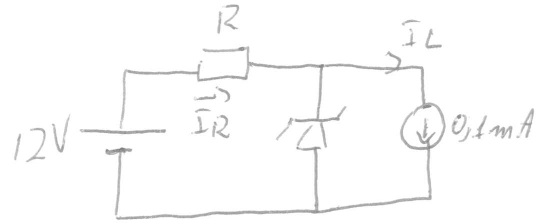


9

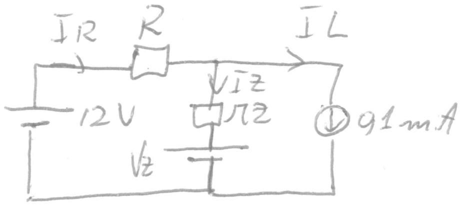
2) a) Calcule o capacitor para uma fonte com retificador meia onda, 12V/0,1A e tensão de ripple igual a 1V. b) Adapte um diodo zener a esta fonte de modo que a tensão de saída seja aproximadamente 10 V, assuma que a carga consuma uma corrente máxima de 0,1 mA. c) Determine a tensão de saída (variação e valor cc). Dados: V_Z=10V; r_z=0,5Ω; I_{Zmax}=1A ; I_{Zmin}=0,01mA; f=60Hz.

a) $V_R = \frac{I_L}{Cf} \Rightarrow C = \frac{I_L}{V_R f} = \frac{0,1}{1 \cdot 60} \Rightarrow \boxed{C = 1,6667\,mF}$

b) Modelo de Grandes Sinais



$\Rightarrow$



- $I_R = I_Z + \underbrace{I_L}_{\rightarrow 0,1mA}$
- $12 - RI_R - r_Z I_Z - 10 = 0 \Rightarrow RI_R + r_Z I_Z = 2$
- $R \cdot (I_Z + 0,1) + r_Z I_Z = 2$

$R I_Z + r_Z I_Z + R \cdot 0,1 = 2$

$R(I_Z + 0,1) = 2 - R_Z I_Z$

$R = \frac{2 - R_Z I_Z}{I_Z + 0,1_{\rightarrow mA}}$

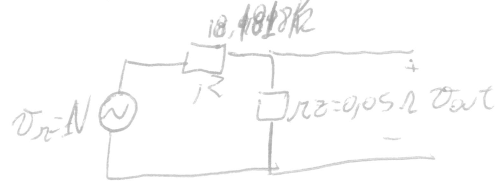
- Para garantir I_{Zmin}

$R_{MAX} = \frac{2 - \overset{\rightarrow 0,5}{R_Z} \overset{\rightarrow 0,01mA}{I_{Zmin}}}{I_{Zmin} + 0,1_{\rightarrow mA}} \Rightarrow R_{máx} = 18,1818\,k\Omega$

- Utilizando $R = R_{MAX} \Rightarrow I_Z = I_{Zmin}$

$V_{OUT} = \underset{10}{V_Z} + \underset{0,05}{r_Z} \underset{0,01m}{I_{Zmin}} \Rightarrow \boxed{V_{OUT} \cong 10V}$

c) Modelo de pequenos sinais



$v_{out} = \frac{v_{in}}{\underbrace{18,1818 + 0,05}_{k\Omega}} \cdot 0,05 \Rightarrow \boxed{\cancel{v_{out} = 2,43922\,mV}}$

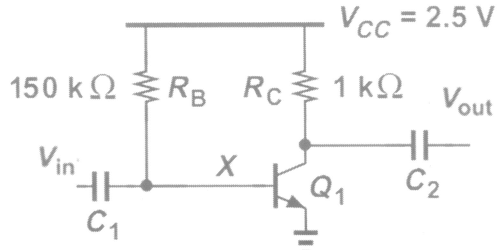
$\boxed{v_{out} = 2,7499 \cdot 10^{-5} \cdot v_{in}}$

$v_{in} = v_r = \frac{I_L}{Cf} = \frac{(0,01 + 0,1) \cdot 10^{-3}}{1,66 \cdot 10^{-3} \cdot 60} \Rightarrow \boxed{v_r = 1,1\,mV}$

$\boxed{v_{out} = 3,025 \cdot 10^{-8}\,V}$

15

3) Dados: V_T=26mV; I_s=5x10^{-17}A ; β=100; V_A=200V. Determine calcule A_v, R_{in} e R_{out}.



- $2{,}5 - 150 \cdot 10^3 \cdot I_B - V_{BE} \cong \emptyset$, com $I_B \sim I_C/\beta$, $\beta \to 100$

$\Rightarrow I_C = \dfrac{2{,}5 - V_{BE}}{150 \cdot 10^3} \cdot \cancel{100}$

$\boxed{I_C = \dfrac{2{,}5 - V_{BE}}{1.500}}$ (1)

- $2{,}5 - 1000 \cdot I_C - V_{CE} = \emptyset \Rightarrow \boxed{V_{CE} = 2{,}5 - 1000 I_C}$ (2)

- $\boxed{I_C = 5 \cdot 10^{-17} \cdot \exp \dfrac{V_{BE}}{V_{T_{26}}} \cdot \left(1 + \dfrac{V_{CE}}{200}\right)}$ (3), com $V_T = 26 \cdot 10^{-3}$

(2) → (3) − (1)

$$5 \cdot 10^{-17} \exp \frac{V_{BE}}{26 \cdot 10^{-3}} \cdot \left(1 + \frac{2{,}5 - 1000 \overbrace{I_C}^{\frac{2{,}5 - V_{BE}}{1500}}}{200}\right) - \frac{2{,}5 - V_{BE}}{1500} = \emptyset$$

$\Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} V_{BE} = 0{,}7994\,V \\ I_C = 1{,}1337\,mA \end{array}}$

- $V_C = 2{,}5 - 1000 \cdot I_C \Rightarrow V_C = 1{,}3663\,V \Rightarrow V_C > V_B \Rightarrow$ R. Ativa $\Rightarrow$ OK

- Pequenos Sinais

- $g_m = \dfrac{I_C}{V_T} \Rightarrow \boxed{g_m = 0{,}04365}$
- $r_o = \dfrac{V_A}{I_C} \Rightarrow \boxed{r_o = 1{,}7641 \cdot 10^5\,\Omega}$
- $r_\pi = \dfrac{\beta}{g_m} \Rightarrow \boxed{r_\pi = 2{,}2933\,K\Omega}$
- $v_{in} = v_\pi$
- $v_{out} = -v_\pi \cdot g_m \cdot \underbrace{r_o // 1K\Omega}_{994{,}3632\,\Omega}$

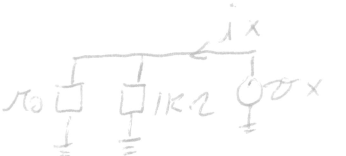
- $A_v = \dfrac{v_{out}}{v_{in}} = -g_m\, r_o // 1K\Omega$

$\boxed{A_v = -43{,}3598}$

- Rin

$i_{in} = \dfrac{v_{in}}{150 // r_\pi} \Rightarrow R_{in} = \dfrac{v_{in}}{i_{in}} = 150K // r_\pi \Rightarrow \boxed{R_{in} = 2{,}2588\,K\Omega}$

- Rout $\Rightarrow v_{in} = v_\pi = \emptyset \Rightarrow g_m v_\pi = \emptyset$



$\Rightarrow R_{out} = \dfrac{v_x}{i_x} = r_o // 1K\Omega \Rightarrow \boxed{R_{out} = 994{,}3632\,\Omega}$

✱ Método iterativo

- $V_{BE} = \underbrace{V_T}_{26\cdot10^{-3}} \cdot \log \dfrac{I_C}{\underbrace{I_S}_{5\cdot10^{-17}}\left(1+\dfrac{V_{CE}}{\underbrace{V_A}_{200}}\right)}$ $\Rightarrow$ $V_{BE} = 26\cdot10^{-3}\log\dfrac{I_C}{5\cdot10^{-17}(\ldots)}$

- $V_{CE} = 2{,}5 - 1000 I_C$

- $\cancel{V_{BE} = 2{,}5 - 1500 I_C}$ $\quad I_C = \dfrac{2{,}5 - V_{BE}}{1500}$

$\therefore$ $\cancel{V_{BE} = V_T \log}$

$$V_{BE} = 26\cdot10^{-3}\cdot\ln\frac{I_C}{5\cdot10^{-17}\left(1+\dfrac{2{,}5-1000I_C}{200}\right)}$$

$V_{BE0} = 0{,}7$

$I_{C0} = \dfrac{2{,}5 - V_{BE0}}{1500} \Rightarrow I_{C0} = 1{,}2\ mA$

$V_{BE1} = 26\cdot10^{-3}\ln\dfrac{I_{C0}}{5\cdot10^{-17}\left(1+\dfrac{2{,}5-1000I_{C0}}{200}\right)} = \underline{0{,}80009\ V}$

$I_{C1} = \dfrac{2{,}5 - V_{BE1}}{1500} \Rightarrow I_{C1} = \underline{1{,}1328\ mA}$

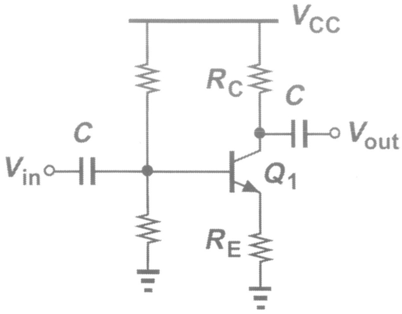
$V_{BE2} = 26\cdot10^{-3}\ln\dfrac{I_{C1}}{5\cdot10^{-17}\left(1+\dfrac{2{,}5-100I_{C1}}{200}\right)} = \underline{0{,}7994\ V}$

$I_{C2} = \dfrac{2{,}5 - V_{BE2}}{1500} \Rightarrow I_{C2} = 1{,}1338\ mA$

$V_{BE3} = 0{,}7994\ V$

$$\boxed{\begin{array}{l} I_{C3} = 1{,}1337\ mA \\ V_{BE4} = 0{,}7994 \Rightarrow OK \end{array}}$$

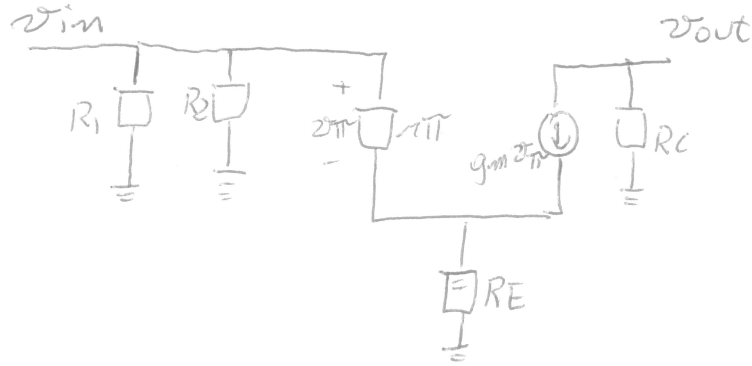
4) Observe o circuito e explique a função do resistor R_E. a) O que acontece com o módulo do ganho de pequenos sinais, ao aumentarmos o valor de R_E? Justifique. b) O que acontece com o módulo do ganho de pequenos sinais, ao colocarmos um capacitor em paralelo com R_E (capacitor de desvio)? Justifique.



• A função de RE é estabilizar a polarização por meio de uma realimentação negativa. Caso VBE aumente, ocorre um aumento de Ic, logo, um aumento de V_E $(R_E \cdot I_C)$, diminuindo V_{BE}, logo, Ic, estabilizando a polarização

Sem capacitor

a)



• $v_{out} = -g_m v_\pi R_C$

• $v_{in} = v_\pi + R_E i_e$

$= v_\pi + R_E\left(\frac{v_\pi}{r_\pi} + g_m v_\pi\right)$

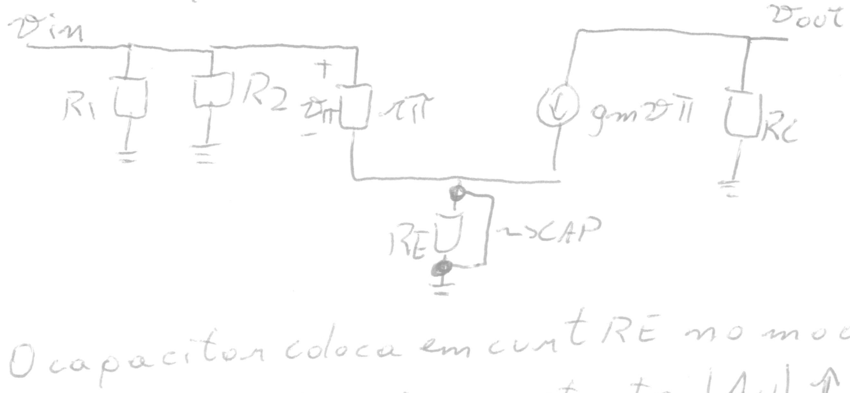
$$v_{in} = v_\pi\left[1 + R_E\left(\frac{1}{r_\pi} + g_m\right)\right] \Rightarrow v_{in} \cong v_\pi\left[1 + R_E g_m\right]$$

$\frac{1}{r_\pi} \to \frac{g_m}{\beta}$

$$\therefore \boxed{A_v = \frac{-g_m R_C}{1 + \frac{R_E}{g_m}}} \Rightarrow A_V = \frac{-R_C}{\frac{1}{g_m} + R_E}$$

$\boxed{\text{a) Ao } \uparrow R_E \Rightarrow A_V \downarrow}$

Com Capacitor



b) O capacitor coloca em curt RE no modelo de pequenos sinais, portanto $|A_V| \uparrow$