Circuitos Eletrônicos Analógicos

1a Avaliação - 23/10/12

Sem Consulta - Duração: 2h 40min

Nome: ______________________________

Justifique sucintamente as passagens   **A interpretação é parte integrante da questão**

(Valor 3.5) - Questão 1 - Considere o circuito da figura abaixo e parâmetros listados. Transistores possuem mesma densidade de corrente de saturação e áreas emissor/base.

a) *(valor 1.0)* Utilizando análise de pequenos sinais, determine, literalmente, a expressão do ganho de tensão diferencial $A_{dm} = v_{out}/v_{in}$, tendo à entrada um sinal diferencial balanceado. Calcule, também, seu valor numérico.

b) *(valor 1.0)* Explique, detalhadamente, o processamento do modo comum pelo par diferencial. Justifique o ganho do circuito em modo comum A_{cm} em condições ideais. O que degradaria esta característica? Admitindo as hipóteses necessárias, qual seria a expressão de A_{cm} em um caso prático?

c) Utilizando $v_a = 60\text{sen}\omega t$ [mV] como referência, esboce detalhadamente as formas de onda de tensão **(dc + ac)** nos nós C_1, C_2 e E, e de corrente **(dc + ac)** nos coletores de Q_1 e Q_2, nos casos

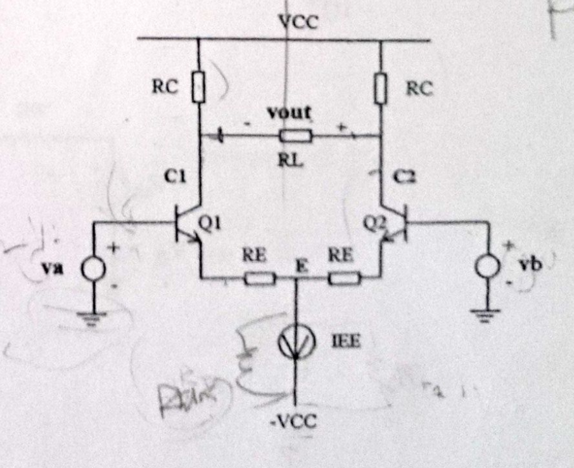
5 - $R_C . I_C$

(valor 0.75) i) $v_a = v_b$
(valor 0.75) ii) $v_a = - v_b$

$V_{CC} = 5V$
$I_{EE} = 5mA$

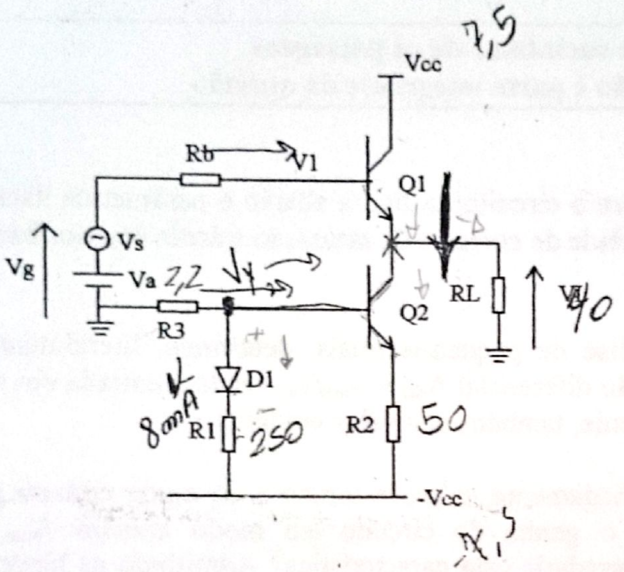
$R_C = 1.0K\Omega$
$R_E = 110\Omega$
$R_L = 2.4K\Omega$

Para $Q_1 - Q_2$:
$V_{BE} = 0.7V$ $\quad V_{CE\ sat} = 0.3V$
$r_{ce} \to \infty$ $\quad \beta = 120$



(Valor 3.5) - Questão 2: Considere o circuito linear da figura abaixo, com V_S senoidal e especificações listadas, e assumindo as hipóteses necessárias.

a) (*valor 0.75*) Dimensione os resistores R_3 e R_B.
b) (*valor 1.5*) Qual a máxima amplitude que V_S pode assumir?
c) (*valor 0.5*) Determine a eficiência de potência na condição de máxima amplitude à saída.
d) (*valor 0.75*) Utilizando a forma de onda de Vg como referência, esboce, detalhadamente, as formas de onda de V_1 e V_L, assim como as correntes de coletor de Q_1, Q_2 e na carga.



$[V_{CC}\ ; -V_{CC}] = [7.5V; -7.5V]$
$R_2 = 50\Omega$ $R_1 = 250\Omega$
$R_L = 40\Omega$
$V_a = 2.2V$
$\beta_1 = \beta_2 = 80$
$V_{CEQ1\ quiescente} = V_{CC}$
$V_{BE\ ativa} \cong V\gamma_{\ diodo\ D1} = 0.7V$
$V_{CEsat} = 0.3V$
$I_{D1} = 8.0mA$

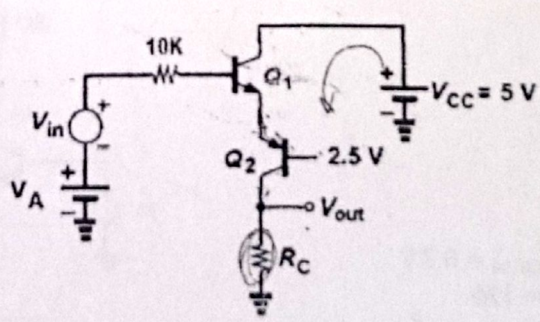
$r_{ce} \to \infty$

$V_A \to 3.8?$
$V_S - 3V$

(Valor 3.0) - Questão 3: Considere o circuito linear da figura abaixo, com Vin senoidal e com transistores idênticos ($V_{BE} = 0.7V$, $\beta = 100$, $V_{CE\_sat} = 300mV$). Assumindo as hipóteses necessárias:

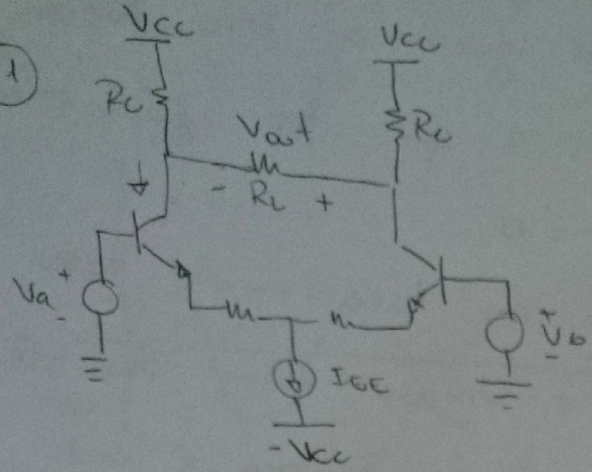
$V_{EB} = 0,7$ $\beta = 100$ $V_{EC} = 300mV$

i) (*valor 0.75*) Qual máxima tensão possível à saída V_{out_max}?
ii) (*valor 0.75*) Qual o valor de V_A? Qual o valor de RC para ter-se à saída o valor quiescente igual a ½ V_{out_max}? $I_{B_{q1}} = 250\mu A$
iii) (*valor 0.75*) Determine o ganho de pequenos-sinais do circuito.
iv) (*valor 0.75*) Qual a máxima amplitude de Vin, nas condições impostas em ii)?



23.10.2012

1



$V_{cc} = 5V$

$I_{EE} = 5mA$

$R_C = 1k\Omega$

$R_E = 110\Omega$

$R_L = 24k\Omega$

$V_{BE} = 0,7$

$\beta = 120$

a) Adm → ganho diferencial → entrada balanceada: $\begin{cases} V_a = V_i/2 \\ V_b = -V_i/2 \end{cases}$

Por simetria:

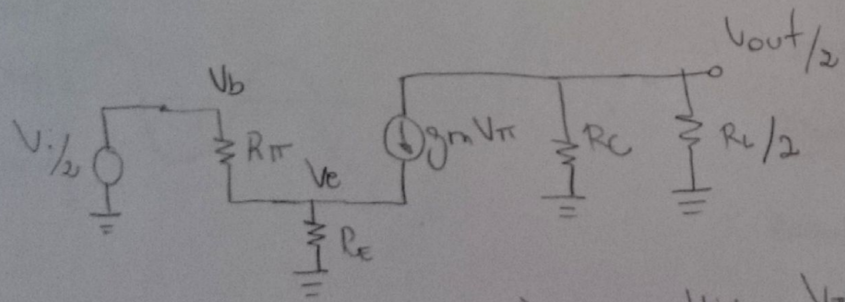
DC:

$I_{E1} = I_{E2} = 2,5mA \longrightarrow I_C \approx I_E \rightarrow I_C = \beta I_B \rightarrow I_B = 20,83\mu A$

$V_B = 0 \qquad V_{BE} = 0,7 \longrightarrow V_E = -0,7$

$\frac{V_{cc} - V_c}{R_c} = 2,5mA \longrightarrow V_c = 2,5V$

AC $\quad g_m = \frac{I_c}{\phi_t} \rightarrow g_m = 0,1\ A/V \qquad R_\pi = \frac{\phi_t}{I_B} \rightarrow 1,2k\Omega$



$V_i/2 = V_\pi + R_E\left(\frac{V_\pi}{R_\pi} + g_m V_\pi\right) \longrightarrow V_i/2 = V_\pi \underbrace{\left(\frac{R_E}{R_\pi} + R_E g_m + 1\right)}_{R_A = 12,09}$

$\frac{-V_{out}/2}{R_C} - \frac{V_{out}/2}{R_L/2} = g_m V_\pi \rightarrow -V_{out}(2R_C + R_L) = 2R_C R_L g_m \frac{V_i}{2R_A}$

$$\boxed{\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{-R_C R_L g_m}{(2R_C + R_L) R_A}}$$

$$\boxed{\frac{V_{out}}{V_{in}} = -4,5}$$

b) Modo comum, teremos as duas entradas iguais, assim V_{c1} e V_{c2} serão iguais e $V_{out} = V_{c1} - V_{c2}$ será igual a zero. Assim, a função do modo comum é remover o que for igual nas duas entradas. Em condições ideais $A_{dm} = 0$

Isso não ocorre na prática devido ao descasamento dos componentes, assim busca-se na prática o menor A_{dm} possível

Em um caso prático, considere que a fonte de corrente não é ideal; colocando em paralelo uma resistência R_{TAIL}

$$A_{dm} = \frac{V_{out}}{V_{in}} \qquad -V_{out}(2R_C + R_L) = 2R_C R_L g_m V_\pi$$

$$\frac{V_i}{2} = V_\pi + R_E\left(\frac{V_\pi}{R_\pi} + g_m V_\pi\right) + 2R_{TAIL}\left(\frac{V_\pi}{R_\pi} + g_m V_\pi\right)$$

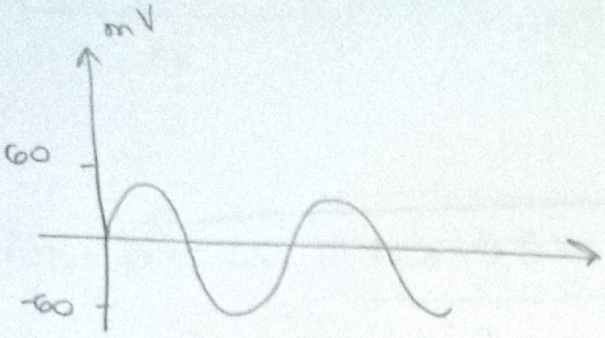
$$\frac{V_i}{2} = V_\pi \underbrace{\left(1 + \frac{R_E}{R_\pi} + R_E g_m + \frac{2R_{TAIL}}{R_\pi} + 2R_{TAIL} g_m\right)}_{R_B}$$

$$-V_{out}(2R_C + R_L) = \cancel{2} R_C R_L g_m \frac{V_i}{\cancel{2} R_B}$$

$$\boxed{\frac{V_{out}}{V_i} = -\frac{R_C R_L g_m}{(2R_C + R_L) R_B}}$$

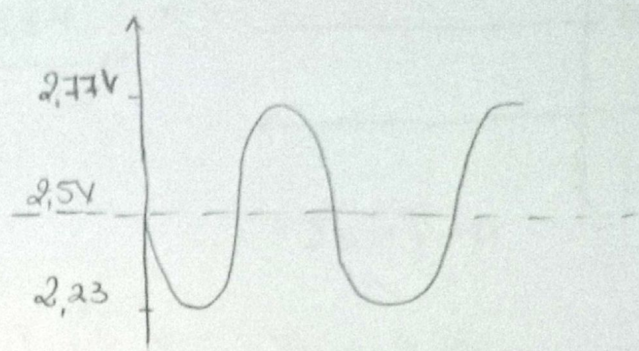
$V_A = 60 \sin \omega t$ [mV]　　$V_A = -V_B$

V_A:

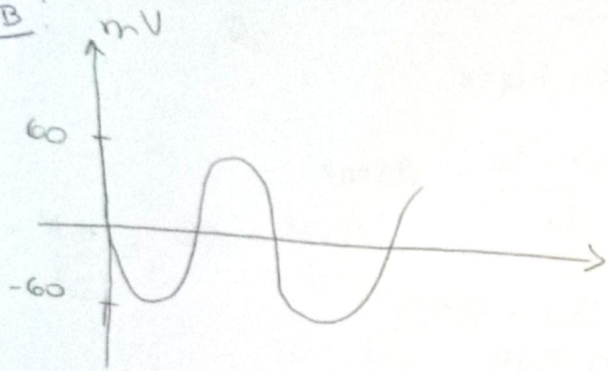


C_1:

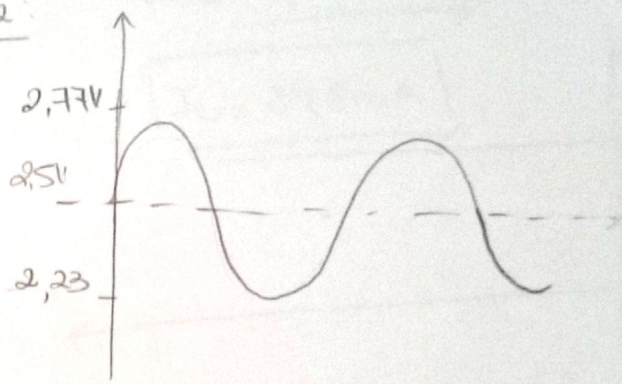
60mV x −4,5



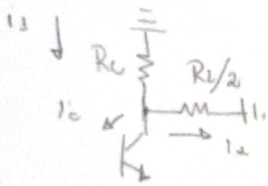
V_B:



C_2:



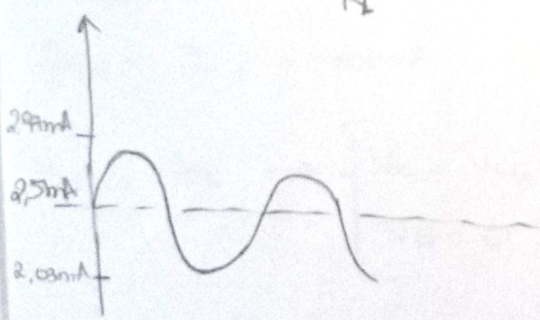
$i_1 + i_2 + i_c = 0$



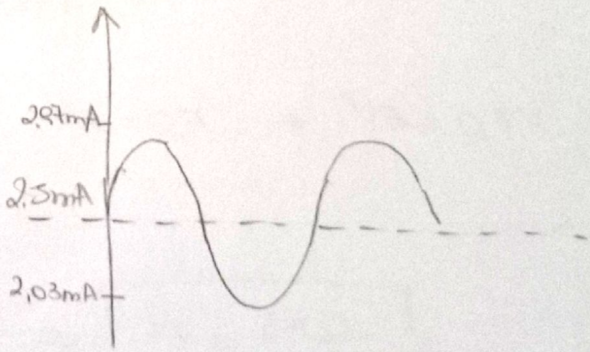
$-2,77m + 2,3m + i_c = 0$

$i_c = 0,47m$

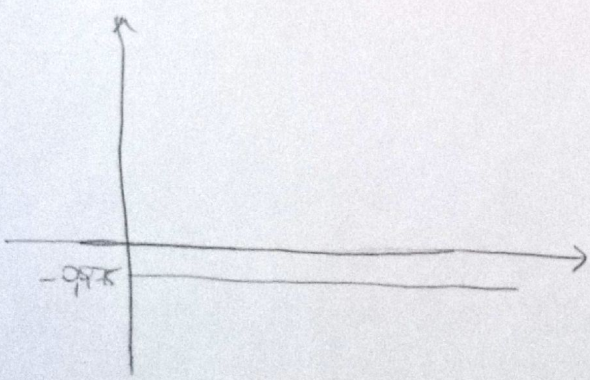
I_{C1}:



I_{C2}

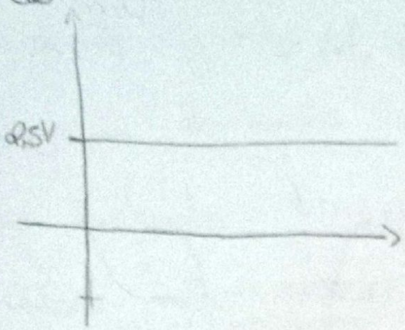


E:

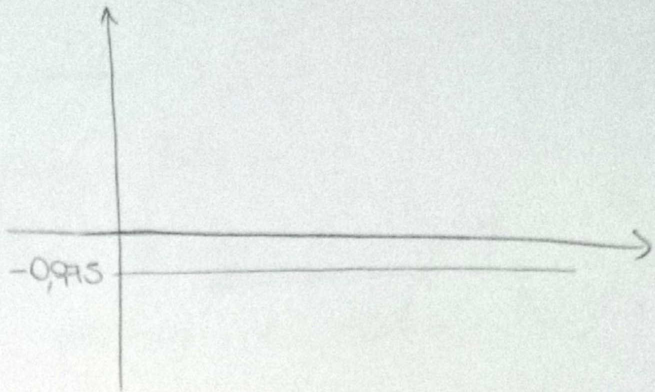


Considerando $V_A = V_B$

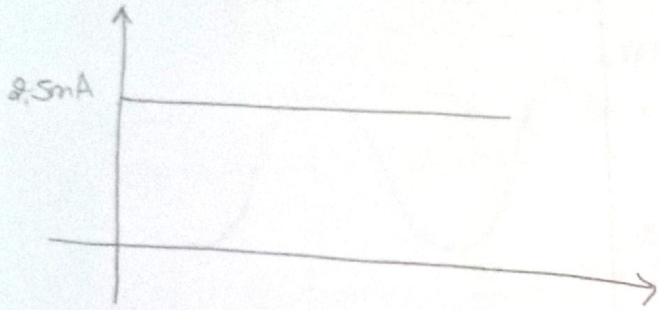
$C_1 = C_2$



E:



$I_{C1} = I_{C2}$



$V_E = -0{,}7V$

$$\frac{-0{,}7 - V_E}{R_E} = 2{,}5mA$$

$V_E = -0{,}975$

a) $I_{D1} = 8mA$ $V_{CC} = 7{,}5$

$$\frac{V_B - 0{,}7 - (-V_{CC})}{R_1} = 8mA \rightarrow V_B - 0{,}7 + 7{,}5 = 2$$

$$\boxed{V_B = -4{,}8\,V}$$

$V_{BE} = 0{,}7 \rightarrow \boxed{V_E = -5{,}5V}$

$I_C = \beta I_B$

$$I_E = \frac{V_E - (-V_{CC})}{R_2} \rightarrow \boxed{I_E = 40mA}$$

$I_E = I_B + \beta I_B$

$\boxed{I_B = 0{,}49mA}$

$\boxed{I_C = 39{,}5mA}$

$$-\frac{V_B}{R_3} = I_B + 8mA$$

$$\boxed{R_3 = 565\Omega}$$

$I_{E2} = I_{C1} = 40mA$ $I_{B1} = 0{,}5mA$

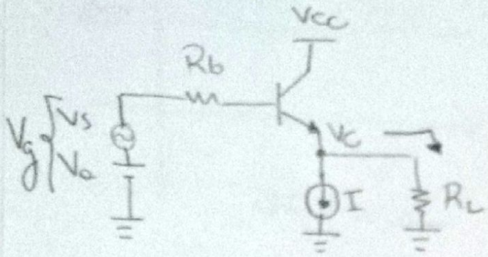
$V_{CE} = V_{CC} \rightarrow \begin{cases} V_C = V_{CC} = 7{,}5V \\ V_E = 0\,V \end{cases}$ $V_{BE} = 0{,}7 \rightarrow V_B = 0{,}7V$

$$\frac{V_a - V_b}{R_b} = I_B \rightarrow \frac{V_a - V_b}{I_B} = R_b \rightarrow \boxed{R_b = 3k\Omega}$$

b) ↑ amplitude de V_s?

Modelo equivalente

$I = 39{,}5mA$ $R_L = 40\Omega$ $R_b = 3k\Omega$



$V_{e\,máx} \rightarrow R_L$ consumir toda a corrente I.

$\frac{V_e}{R_L} = I \rightarrow \boxed{V_e = 1{,}58V}$

$V_{BE} = 0{,}7 \rightarrow \boxed{V_B = 2{,}28V}$

$\frac{V_g - V_B}{R_B} = I_{B\,máx}$

$I_{B\,máx} = 2\, I_B$ [calculado no item anterior]

Assim vai 39,5mA para o resistor R_L e 39,5mA da fonte I.

$I_{B\,máx} = 1mA$

$\boxed{V_{g\,máx} = 5{,}28V}$

$V_a = 2{,}2V$

$V_g = V_a + V_s$

$\boxed{V_s = 3V}$

Scanned by CamScanner

) Amplificador de Potência classe A

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{DC}} \begin{array}{l} \rightarrow \text{pot. entregue a carga} \\ \rightarrow \text{pot. retirada da fonte} \end{array}$$

$P_{DC} = V_{cc} - (-V_{cc}) . I$

$\boxed{P_{DC} = 2V_{cc} . I_Q}$ $P_{DC} = 2 . 7{,}5 . 39{,}5m \rightarrow P_{DC} = 0{,}59$

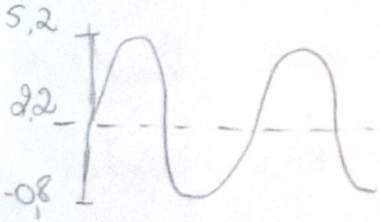
$\boxed{P_{out} = \frac{V_o^2}{2R_L}} \rightarrow P_{out} = 0{,}031$

$V_{e\,máx} = 1{,}58V$

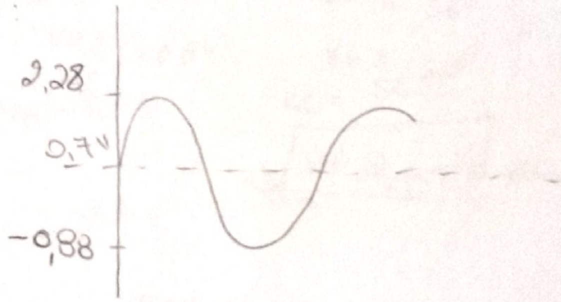
$\boxed{\eta = 5{,}28\%}$

$V_L \pm 0{,}7$

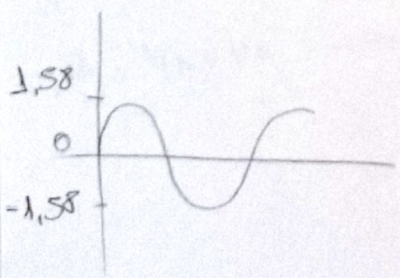
d) V_g:



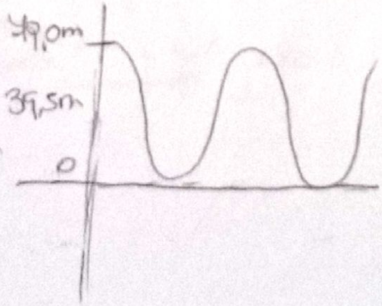
V_I:



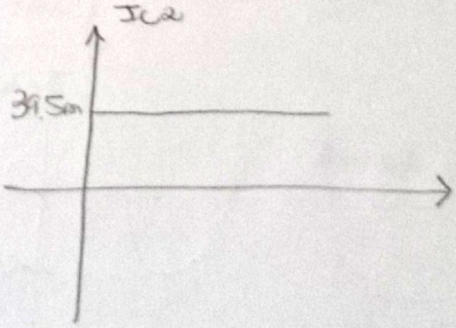
V_L



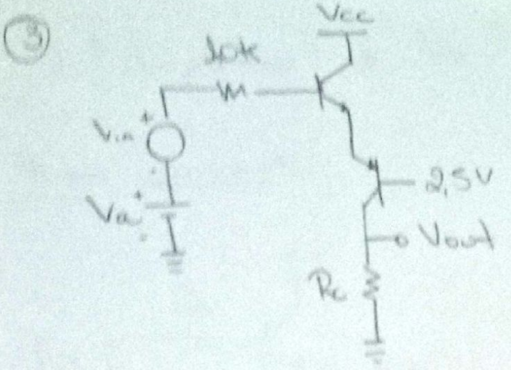
I_{C1}



I_{C2}



(3)



$V_{BE} = V_{EB} = 0,7V$ (NPN / PNP)

$\beta = 100$

$V_{CE} = V_{EC} = 0,7$ (NPN / PNP)

a) Vout máx?

$V_{C1} = 5V$ A princípio tem duas quedas $V_{CE_{SAT}}$, fazendo com que Vout seja 4,4V. Só que considerando isso o V_{EB} de Q2 fica igual a 2,2V $[V_{B2} = 2,5V]$

Considerando V_{EB} de $Q_2 = 0,7$, temos que $V_{E2} = 3,2V$ e $V_{out_{máx}} = 2,9V$

b) Valor de V_A para $I_{B1} = 250\mu A$

$$\frac{V_A - V_B}{10k} = I_{B1}$$

$$\begin{cases} V_{B2} = 2,5V \\ V_{E2} = 3,2V \end{cases}$$

$V_{E2} = V_{E1} = 3,2V$

$V_{B1} = 3,9V$

$$\frac{V_A - 3,9}{10k} = I_{B1} \rightarrow \boxed{V_A = 6,4V}$$

R_C? $V_{out} = \frac{1}{2} V_{out_{máx}} \rightarrow V_{out} = 1,45V$

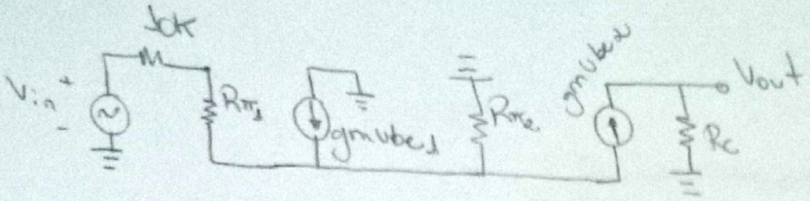
$$\frac{V_{out}}{R_C} = I_{C2}$$

$$\begin{cases} I_{B1} = 250\mu A \ ; \ I_{C1} = 25mA \ , \ I_{E1} = 25,25mA \\ I_{E1} = I_{E2} \ , \ I_{C1} = I_{C2} \ , \ I_{B1} = I_{B2} \end{cases}$$

$$\frac{1,45}{R_C} = 25mA$$

$$\boxed{R_C = 58\Omega}$$

Scanned by CamScanner



$$g_m = \frac{I_C}{\phi t} \rightarrow g_m = 1\ A/V$$

$$R_\pi = \frac{\phi t}{I_B} \rightarrow R_\pi = 100\Omega$$

$$R_C = 58\Omega$$

$$\frac{-V_{out}}{R_C} = g_m V_\pi \rightarrow V_{out} = -g_m R_C V_\pi$$

$$V_{IN} = 10k\left(\frac{V_\pi}{R_{\pi 1}}\right) + R_{\pi 2}\left(\frac{V_\pi}{R_{\pi 1}} + g_m V_\pi\right) + V_\pi$$

$$V_{IN} = V_\pi \underbrace{\left(\frac{10k}{R_{\pi 1}} + \frac{R_{\pi 2}}{R_{\pi 1}} + R_{\pi 2} g_m + 1\right)}_{R_A = 112}$$

$$\boxed{\frac{V_{out}}{V_{IN}} = -\frac{g_m R_C}{R_A}} \qquad \boxed{\frac{V_{out}}{V_{in}} = -0{,}51}$$

d) ↑ Vin? $V_{out} = 1{,}45V \rightarrow V_A = 6{,}4V$ $R_C = 58\Omega$ $V_{B1} = 3{,}9V$

$I_B = 500\mu A$

$V_{out\,máx} = 2{,}9V \rightarrow I_C = 0{,}05A$

$$\frac{V_g - V_B}{10k} = I_B \rightarrow V_g = 8{,}9V$$

$$V_g = V_A + V_S \rightarrow \boxed{V_{S\,max} = 2{,}5V}$$

Scanned by CamScanner