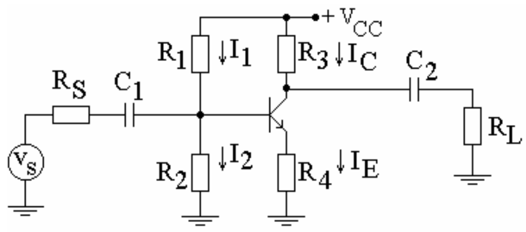
PSI2306 / PSI2324 – ELETRÔNICA
GABARITO – 1ª LISTA ADICIONAL DE EXERCÍCIOS

1) (Prova 2003) Para o circuito da figura abaixo, com o transistor polarizado no modo ativo, pede-se:



Sabendo-se que $R_1//R_2 = 20\ k\Omega$, $V_{R_4} = V_{CC}/3$, $I_E = 2mA$, $V_{CC} = +\ 12\ V$, $V_{BE} = 0{,}7$ e $\beta = 100$, pede-se:

(a) Determinar R_4.

$$V_{R4} = V_{cc}/3 = 4V$$

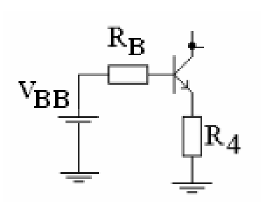
$$R_4 = \frac{V_{R4}}{I_E} = \frac{4}{2} = 2k\Omega$$

(b) Determinar R_3 para que a tensão V_{CE} quiescente seja igual a 5 V.

$$V_{R3} = V_{cc} - V_{CE} - V_{R4} = 12 - 5 - 4 = 3V$$

$$I_C = \alpha I_E = \frac{\beta}{\beta+1} I_E = 1{,}98mA; \qquad R_3 = \frac{V_{R3}}{I_C} = \frac{3}{1{,}98.10^{-3}} = 1{,}515k\Omega$$

(c) Determinar R_1 e R_2.



$$V_{BB} = \frac{R_2}{R_1+R_2}.V_{CC} \qquad R_B = R_1 // R_2 = \frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}$$

$$V_{BB} = R_4 I_E + R_B.\frac{I_E}{\beta+1} + V_{BE} = 4 + 20k.2.10^{-3}/(101) + 0{,}7 = 5{,}096V$$

Obtenção de R_1 e R_2:

$$\begin{cases} 1)\ \dfrac{R_1.R_2}{R_1+R_2} = 20k\Omega \\ \\ 2)\ \dfrac{R_2}{R_1+R_2}.V_{CC} = 5{,}096 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (1)/(2):\ \dfrac{R_1}{12} = \dfrac{20k}{5{,}096} \Rightarrow R_1 = 47{,}1k\Omega \\ \\ 5{,}096.R_1 = 6{,}904R_2 \Rightarrow R2 = 34{,}8k\Omega \end{cases}$$

(d) Qual a função dos capacitores C_1 e C_2? Explique.

Sob o ponto de vista de polarização, C1 e C2 comportam-se como abertos.

Sob o ponto de vista de sinal, C1 e C2 comportam-se como curtos desde que seus valores sejam suficientemente altos $\left(C1, C2 \Rightarrow \infty; \dfrac{1}{j\omega C_1}, \dfrac{1}{j\omega C_2} \Rightarrow 0 \right)$

(e) Qual a função do resistor R_4? Qual o novo valor de I_E no caso do β variar de 100 para 150 devido a um incremento da temperatura ? Explique adequadamente adotando os valores de R_1, R_2, R_3 e R_4 obtidos anteriormente.

R_4 serve para estabilizar a corrente de emissor quando β e V_{BE} variam com a temperatura.

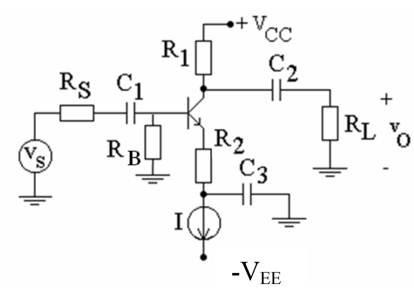
$$V_{BB} = R_4 I_E + R_B . \frac{I_E}{\beta + 1} + V_{BE}$$

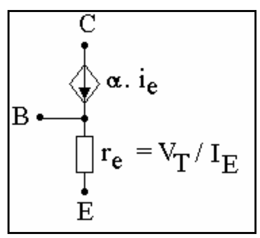
Isolando I_E:

$$I_E = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_4 + \frac{R_B}{\beta + 1}} = \frac{5{,}096 - 0{,}7}{2k + \frac{20k}{151}} = 2{,}062 mA$$

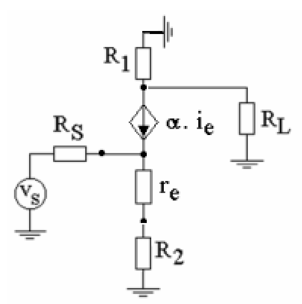
Ou seja, I_E varia de apenas 3% quando "β" muda de 100 para 150.

2) (Prova 2002) Para o circuito amplificador da figura abaixo, com $C_1 = C_2 = C_3 = \infty$, $\beta = 100$, $R_S = 100$ kΩ, $R_1 = 10$ kΩ, $R_2 = 1$ kΩ, $R_L = 10$ kΩ, $R_B = \infty$ e $I = 1$ mA, pede-se:





(a) Desenhar o circuito para análise de pequenos sinais, considerando o modelo fornecido.



(b) Calcular o valor da tensão pico a pico na saída, v_o, para uma tensão de entrada $v_s = 2 . \text{sen } \omega t$ (mV).

$$\left.\begin{array}{l} i_e = \dfrac{v_b}{r_e + R_2} \\ \\ i_e = (\beta + 1) i_b \end{array}\right\} \qquad R_i = \frac{v_b}{i_b} = (\beta + 1)(r_e + R_2)$$

$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{25mV}{1mA} = 25\Omega \qquad\qquad R_i = 101.(25 + 1000) = 103{,}525k\Omega$$

$$v_b = \frac{R_i}{R_s + R_i} v_s = \frac{103{,}525k}{100k + 103{,}525k} v_s = 0{,}50866 v_s$$

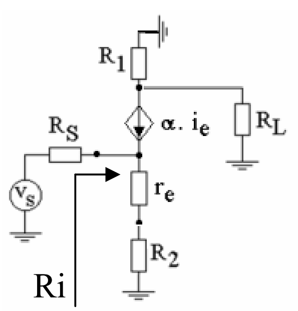
$$v_o = -\alpha i_e.(R_L // R_1) = -\frac{\alpha.v_b}{r_e + R_2}.(R_L // R_1)$$

Substituindo a expressão de v_b em v_o:

$$A_V = \frac{v_o}{v_s} = 0{,}50866.\left(-\alpha.\frac{R_L // R_1}{r_e + R_2}\right) = -0{,}50866.\left(\frac{\beta}{\beta+1}\right).\frac{5k}{1{,}025k} \qquad . \; A_V = -2{,}46$$

Para um valor de 4mV pico-a-píco na entrada, temos na saída uma tensão pico-a-pico de 9,83mV.

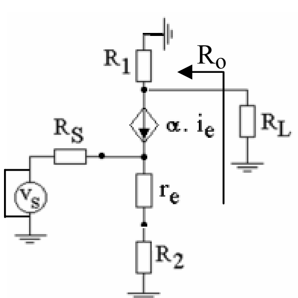
(c) Determine as resistências de entrada e saída deste circuito amplificador.



$$\left.\begin{array}{l} i_e = \dfrac{v_b}{r_e + R_2} \\ \\ i_e = (\beta + 1) i_b \end{array}\right\} \quad R_i = \frac{v_b}{i_b} = (\beta + 1)(r_e + R_2)$$

$$. \; R_i = 101 = (25 + 1000) = 103{,}525k\Omega$$

A resistência de saída (R_O) é calculada do circuito abaixo sem a resistência de carga e com o gerador de sinal em curto-circuito:



então:

$$R_o = R_1 = 10k\Omega$$

3) (Prova 2001) Dada a tabela 1 abaixo contendo as equações de ganho, resistência de entrada e resistência de saída para quatro diferentes configurações transistorizadas (emissor comum, emissor comum com resistência de emissor, base comum e coletor comum):

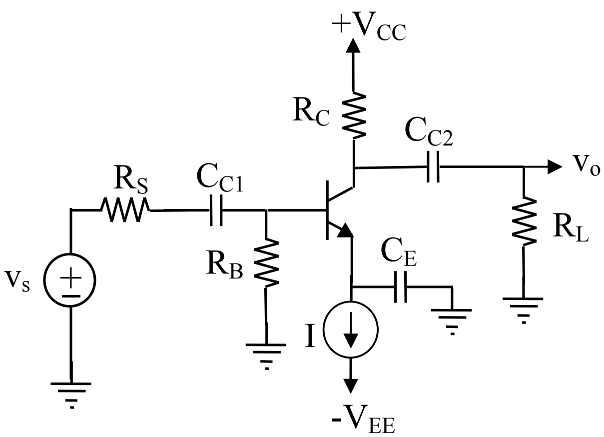
Tabela 1

	A_V **Ganho de tensão**	R_i **Resistência de entrada**	R_o **Resistência de saída**
Emissor comum	$-\dfrac{\beta(R_C//r_o)}{(R_s + r_\pi)}$	r_π	$R_C//r_o$
Emissor comum com resistência de emissor	$-\dfrac{\beta.R_C}{(R_s + r_\pi + (\beta+1)R_e)}$	$r_\pi + (\beta+1)R_e$	R_C
Base comum	$\dfrac{\alpha.R_C}{\left(R_s + {r_\pi}/{(\beta+1)}\right)}$	$\dfrac{r_\pi}{\beta+1}$	R_C
Coletor comum	$\dfrac{(\beta+1).(R_L//r_o)}{(R_s + r_\pi + (\beta+1)(R_L//r_o))}$	$r_\pi + (\beta+1)(r_o//R_L)$	$\left(\dfrac{r_\pi + R_s}{\beta+1}\right)//r_o$

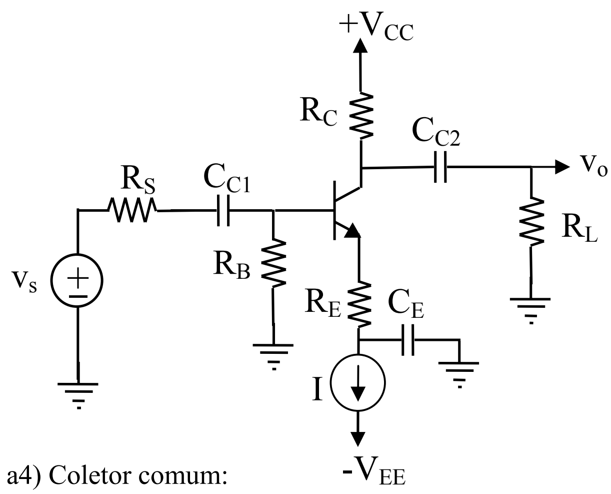
Considerando $r_o = \infty$, $R_s = 0$ (resistência do gerador de entrada), $R_L = \infty$ e β suficientemente elevado, pede-se:

(a) Desenhe um circuito para cada uma das quatro configurações citadas.

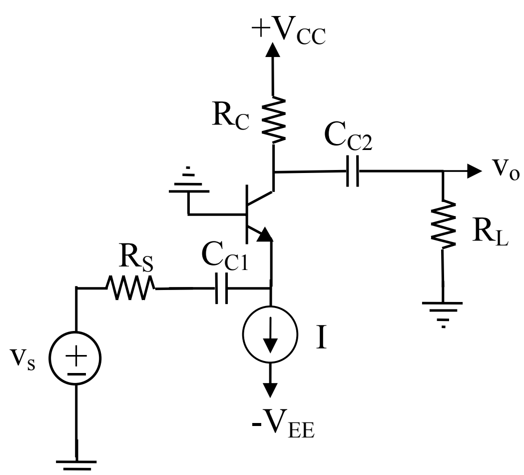
a1) Emissor comum:



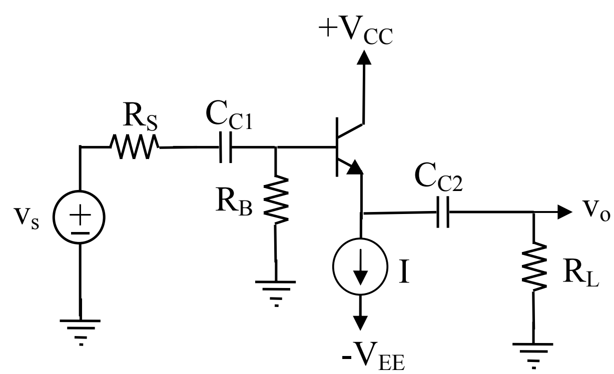
a2) Emissor comum com resistência de emissor:



a3) Base comum:



a4) Coletor comum:



(b) Quais as vantagens e desvantagens da configuração em emissor comum com resistência de emissor comparado a configuração em emissor comum ? Compare baseado nos dados da tabela 1.

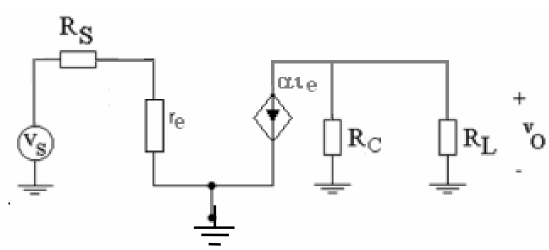
A configuração emissor comum apresenta maior ganho do que a configuração emissor comum com resistência de emissor;
A configuração emissor comum com resistência de emissor apresenta resistência de entrada substancialmente maior do que a configuração emissor comum.

(c) Qual configuração pode ser empregada como casador de resistências ? Justifique.

Para casar baixa resistência com alta resistência, utiliza-se base comum, pois $r_\Pi/(\beta+1)$ é pequeno e R_C pode ser dimensionado grande;
Para casar alta resistência com baixa resistência, utiliza-se coletor comum, pois $r_\Pi + (\beta+1)(r_0//R_L)$ é grande e $((r_\Pi+R_S)/(\beta+1))//r_0$ é pequeno.

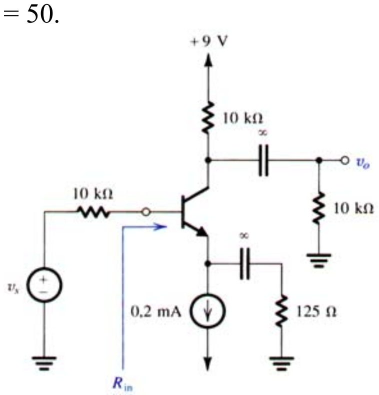
(d) Desenhe um circuito equivalente de pequenos sinais para a configuração base comum e justifique as expressões de resistência de entrada e resistência de saída dadas na tabela 1.

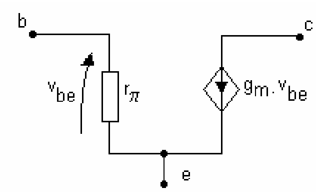
Do circuito base-comum já apresentado no item a, resulta no seguinte circuito para pequenos sinais:



$$\left.\begin{aligned} R_i &= r_e = \frac{r_\pi}{\beta+1} \\ R_O &\cong R_C \end{aligned}\right\} \quad \text{Como na tabela 1.}$$

4) (Prova 2001) No circuito da figura abaixo, v_s é um pequeno sinal senoidal com valor médio zero. Sabe-se que β = 50.



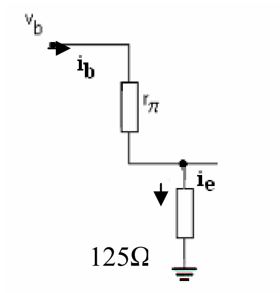


Utilizando o modelo π-híbrido simplificado para o TBJ, mostrado acima, pede-se:

(a) Calcule o valor da resistência de entrada R_{in}.

$I_E = 0{,}2mA$ $\qquad$ $I_C = \alpha I_E = (\beta/(\beta+1)).I_E = 0{,}196mA$ $\qquad$ $g_m = qI_C / kT = 7{,}84mS$

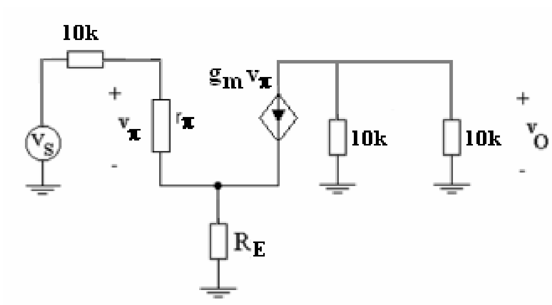
$r_\pi = \beta / g_m = 6{,}377k\Omega$



$R_{in} = v_b / i_b$,   sendo $v_b = r_\pi i_b + R_E.(\beta + 1)i_b$

. $R_{in} = r_\pi + R_E.(\beta + 1) = 6{,}377k + 125x51 = 12{,}75k\Omega$

(b) Calcule o valor de v_o/v_s.



$v_o = -(10k//10k).g_m v_\pi$,   sendo $g_m v_\pi = \beta.i_b$

$v_s = (10k + r_\pi).i_b + R_E(\beta + 1)i_b$

$$. \ \frac{v_o}{v_s} = \frac{-\beta(10k//10k)}{10k + r_\pi + (\beta+1).R_E} = \frac{-50x5k}{10k + 6{,}377k + 6{,}375k} = -11$$

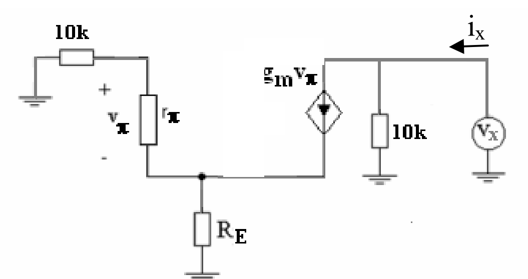
(c) Se a amplitude do sinal v_{be} for limitada em 5 mV, qual será o maior valor para o sinal de entrada? (Admita g_m = 7,84mS e r_π = 6,377k Ω).

$v_{be} < 5mV = r_\pi.i_b < 5mV = i_b < 0{,}784\mu A$

$v_s < (10k + r_\pi)i_{b\max} + R_E.(\beta + 1).i_{b\max} = v_s < (10k + 6{,}377k).0{,}784\mu + (125x51x0{,}784u)$

$v_{sm\acute{a}x} = 17{,}8mV$

(d) Determine a resistência de saída R_o do amplificador (considere a queda de tensão incremental no emissor aproximadamente igual a zero).



$R_o = v_x / i_x \approx 10k\Omega$

5) (Prova 2002-Adaptação): Dada a função de transferência que descreve o comportamento em freqüências de um dado circuito amplificador:

$$A(s) = \frac{10^4.s.(s+100)}{(s+10).(s+1000).(1+s/10^5).(1+s/10^6)}$$

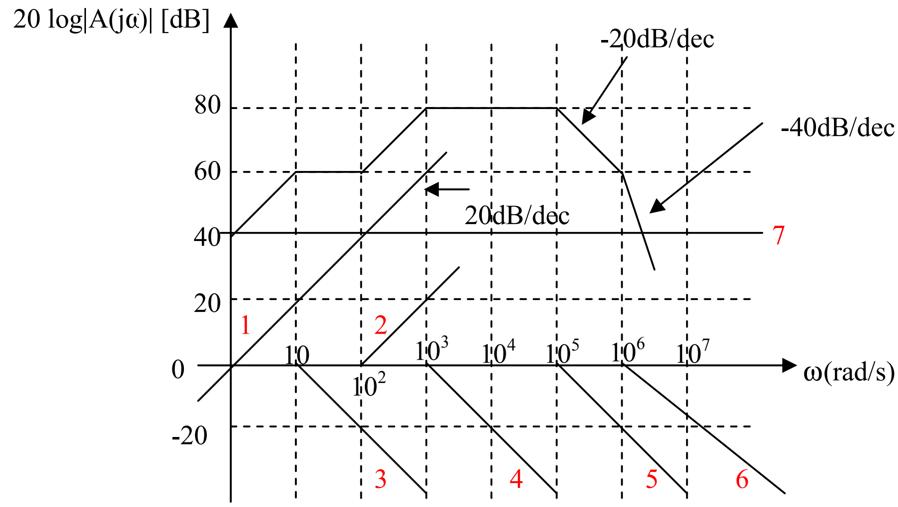
Pede-se: (a) Esboçe a curva de bode (amplitude), (b) Qual o valor do ganho em freqüências médias Av ? (c) Qual o valor da freqüência de corte inferior f_L? Existe pólo dominante em baixa freqüência? (d) Qual o valor da freqüência de corte superior f_H ? Existe pólo dominante em alta freqüência?

OBS.: **Critério de dominância em baixa freqüência:** o pólo dominante é pelo menos 10 vezes maior do que todos os outros pólos e zeros que atuam em baixa freqüência.
Critério de dominância em alta freqüência: o pólo dominante é pelo menos 10 vezes menor do que todos os outros pólos e zeros que atuam em alta freqüência.

Para facilitar a análise vamos colocar todos os termos na forma (1+s/a):

$$A(s)=\frac{10^4.s.10^2.\left(\frac{s}{10^2}+1\right)}{10.\left(\frac{s}{10}+1\right).10^2\left(\frac{s}{10^3}+1\right)\left(1+\frac{s}{10^5}\right)\left(1+\frac{s}{10^6}\right)}=\frac{\overset{7}{10^2}.\overset{1}{s}.\overset{2}{\left(1+\frac{s}{10^2}\right)}}{\underset{3}{\left(1+\frac{s}{10}\right)}\underset{4}{\left(1+\frac{s}{10^3}\right)}\underset{5}{\left(1+\frac{s}{10^5}\right)}\underset{6}{\left(1+\frac{s}{10^6}\right)}}$$

a)



b) Em freqüências médias o ganho é d 80dB => Av = 10^4

c) $f_L=\frac{\omega_L}{2\pi}=\frac{10^3}{2\pi}Hz \Rightarrow$ polo dominante

d) $f_H=\frac{\omega_H}{2\pi}=\frac{10^5}{2\pi}Hz \Rightarrow$ polo dominante

6) (REC 2003) : Dada a função de transferência que descreve o comportamento em altas freqüências de um dado circuito amplificador:

$$A(s)=\frac{1000.\left(1+{}^{s}/_{10^7}\right)\left(1+{}^{s}/_{10^9}\right)}{\left(1+{}^{s}/_{10^6}\right).\left(1+{}^{s}/_{10^8}\right).\left(1+{}^{s}/_{10^{10}}\right)}$$

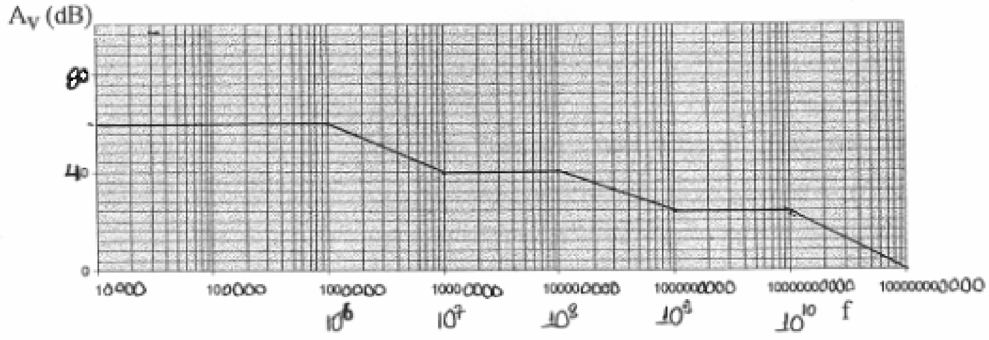
(a) Qual o valor do ganho em freqüências médias ? Existe pólo dominante? Qual o valor da freqüência de corte superior? (Justifique adequadamente)

A(s) = $A_M.F_H(s)$ = A_M = 1000 (por comparação com a expressão dada)

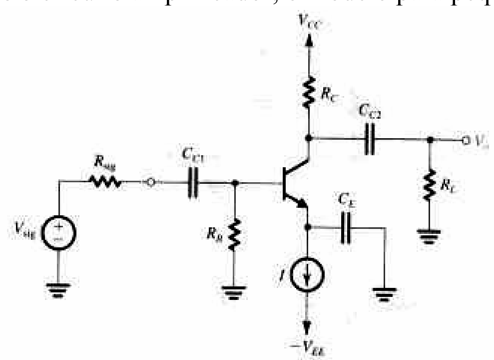
Existe pólo domimante em ω_{P1} = 10^6rad/s pois $\omega_H \cong \omega_{P1}$

(b) Esboçe o gráfico de módulo do ganho |A(jω)| em função da freqüência angular ω indicando os valores notáveis de ganho e freqüência.

A_M(db) = 20 log 1000 = 60db



7) (Prova 2009-Adaptação): Dados o circuito amplificador, o modelo para pequenos sinais e as equações abaixo:



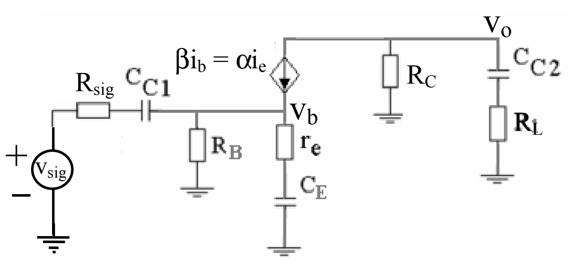
Equações:

$$\omega_{P1} = 2\pi f_{P1} = \frac{1}{C_{C1}\left(R_{sig} + R_B\right)}, \qquad \omega_{P2} = 2\pi f_{P2} = \frac{1}{C_E\left(r_e + \dfrac{R_B // R_{sig}}{\beta + 1}\right)}, \qquad \omega_{P3} = 2\pi f_{P3} = \frac{1}{C_{C2}\left(R_L + R_C\right)} \qquad \text{(pólos)}$$

$$\mathrm{T(s)} = \frac{\mathrm{Ks}}{\left(\mathrm{s} + \omega_{\mathrm{p}}\right)}$$ (função de transferência de um circuito passa-altas)

Sabendo-se que R_C= 2kΩ , R_L= 2kΩ , R_{sig}= 10kΩ , R_B= 90kΩ , g_m= 5 mA/V, $r_o = \infty$, $\beta = 99$ e $\alpha = 0{,}99$, pede-se:

(a) Utilizando o modelo T, desenhe o circuito equivalente para pequenos sinais do amplificador anterior para baixas freqüências. Obtenha o ganho em freqüências médias. Na seqüência, escreva a função de transferência A(s)= $V_o(s)/V_{sig}(s)$ para baixas frequências**.**



Ganho em freqüências médias: (C_{C1}, C_{C2} e C_E = curto-circuito)

$$A_M = \frac{v_o}{v_{sig}} = \frac{v_o}{v_b}\frac{v_b}{v_{sig}}$$

$v_o = -\,\alpha . i_e .(R_C // R_L)$, sendo $i_e = \dfrac{v_b}{r_e}$ $\quad . \quad \dfrac{v_o}{v_b} = -\dfrac{\alpha}{r_e}(R_C // R_L) = -g_m(R_C // R_L)$

$$\frac{v_b}{v_{sig}} = \frac{r_e(\beta + 1) // R_B}{r_e(\beta+1) // R_B + R_{sig}}$$

$$A_M = \frac{v_o}{v_{sig}} = -\frac{r_\pi // R_B}{r_\pi // R_B + R_{sig}} g_m (R_C // R_L)$$

$$A_M(s) = \frac{v_o}{v_{sig}} = A_M \cdot \left(\frac{s}{s+\omega_{P1}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P2}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P3}}\right)$$

(b) Supondo que a frequência de corte seja 100/2π Hz, calcule os valores de C_{C1}, C_E e C_{C2} sucessivamente supondo que cada um deles seja o capacitor determinante da frequência de corte inferior (polo dominante)**.**

Se $f_L = (100/2\pi)$Hz => calcule CC1, CC2 e CE supondo que cada um deles seja o pólo dominante.

$$\boxed{r_e \cong \frac{1}{g_m} = \frac{1}{5.10^{-3}} = 200\Omega}$$

$$\boxed{r_\pi = (\beta + 1) r_e = (99 + 1).200 = 20k\Omega}$$

$$f_L = f_{P1} = \frac{1}{2\pi . C_{C1}(R_{sig} + R_B // r_\pi)} = \frac{100}{2\pi}$$

$$C_{C1}(10k + 90k // 20k) = \frac{1}{100} \Rightarrow C_{C1} = 0{,}38\mu F$$

Se $f_L = f_{P2} = \dfrac{1}{2\pi . C_E . \left(r_e + \dfrac{R_B // R_{sig}}{\beta+1}\right)} = \dfrac{100}{2\pi}$

$$C_E\left(200 + \frac{90k // 10k}{100}\right) = \frac{1}{100} \Rightarrow C_E = 34{,}5\mu F$$

Se $f_L = f_{P3} = \dfrac{1}{2\pi . C_{C2}(R_L + R_C)} = \dfrac{100}{2\pi}$

$$C_{C2}(2k + 2k) = \frac{1}{100} \Rightarrow C_{C2} = 2{,}5\mu F$$

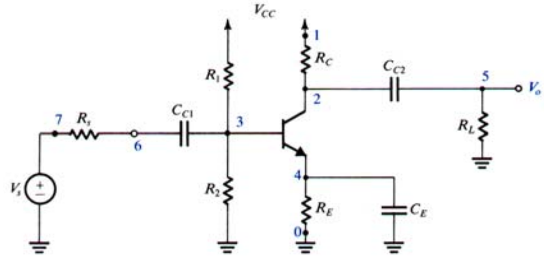
(c) Qual capacitor você escolheria para determinar a frequência de corte inferior em 100/2π Hz (pólo dominante) de forma que nenhum valor de capacitor ultrapasse 100μF. Justifique considerando que o pólo dominante seja pelo menos 10 vezes maior do que todos os outros.

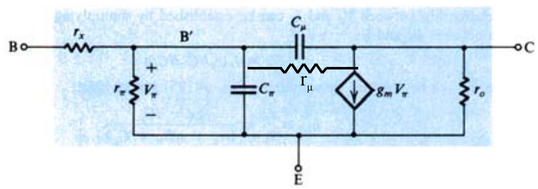
Como C_E é o maior, ele é o mais conveniente para se adotar como pólo dominante.

Desta forma para que os outros 2 pólos afetem este valor, deve-se adotar um valor de C_{C1} e C_{C2} de pelo menos 10x o valor acima. Logo:

C_E = 34,5μF
C_{C1} = 0,38 x 10 = 3,8μF
C_{C2} = 2,5 x 10 = 25μF

8) (Prova 2003): Dado o circuito abaixo e o modelo π-híbrido para o transistor:

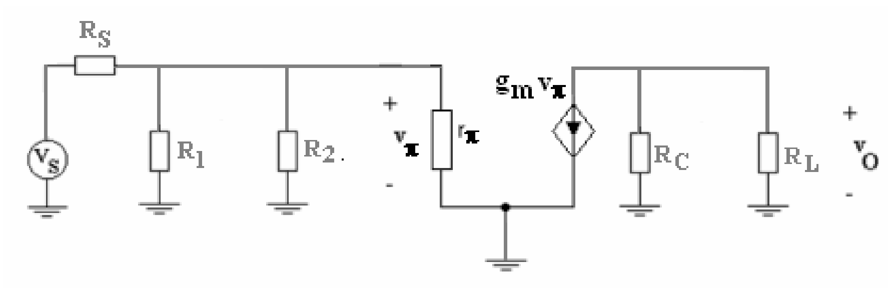




Dados:

$I_C = 1$ mA	$R_S = 1k\Omega$	$C_\pi = 5$ pF
$V_{CC} = 20$ V	$R_1 = R_2 = 100$ kΩ	$C_\mu = 1$ pF
$g_m = I_C/V_T$	$R_C = R_L = 4$ kΩ	$r_\pi = 1$ kΩ
$V_T = 25$ mV	$R_E = 1$ kΩ	$r_o = \infty$
	$r_\mu = \infty$	
	$r_x = 0$	

(a) Determine o ganho para freqüências médias Av.



$$g_m = I_C / V_T = 40mS$$

Circuito CA equivalente em freqüências médias:

$$v_o = -\ g_m.v_\pi.(R_C // R_L)$$

$$v_\pi = \frac{R_1 // R_2 // r_\pi}{R_1 // R_2 // r_\pi + R_S}.v_S$$

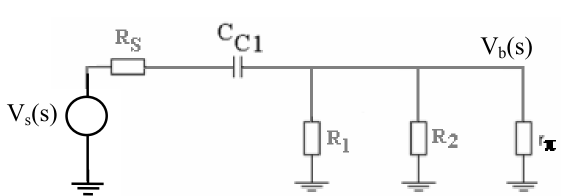
$$\frac{v_o}{v_s} = \frac{-\ g_m (R_C // R_L).R_1 // R_2 // r_\pi}{R_1 // R_2 // r_\pi + R_S} = -40m(4k // 4k).\frac{100k // 100k // 1k}{100k // 100k // 1k + 1k} \cong -40$$

(b) Calcule convenientemente os valores de C_E, C_{C1} e C_{C2} para que haja um pólo dominante determinado por C_{C1}. numa baixa freqüência de 100 Hz. (Deduza de forma adequada a equação da freqüência de corte inferior na malha de C_{C1}).

Em baixas e médias freqüências, temos:

$$1/j\omega C_\pi = 1/j\omega C_\mu = \infty \qquad 1/j\omega C_E = 0 \qquad 1/j\omega C_{C2} = 0$$

Na malha de entrada temos:



[com R] $_{eq} = R_1 1//R_1 2//r_\pi($

$$\frac{V_b(s)}{V_s(s)} = \frac{R_{eq}}{R_{eq} + R_S + \frac{1}{sC_{C1}}} = \frac{s(C_{C1}.R_{eq})}{1 + sC_{C1}.(R_{eq} + R_S)} = \left(\frac{R_{eq}}{R_{eq} + R_S}\right)\frac{s}{s + \frac{1}{C_{C1}.(R_{eq} + R_S)}} = \frac{A_o.s}{s + \omega_o}$$

$$\omega_o = \frac{1}{C_{C1}.(R_{eq} + R_S)} \Rightarrow f_o = \frac{1}{2\pi C_{C1}(R_{eq} + R_S)} \Rightarrow C_{C1} = \frac{1}{2\pi f_o(R_{eq} + R_S)}$$

. $C_{C1} = \frac{1}{2\pi.100(980 + 1000)} \cong 0{,}8\mu F$

Por outro lado:

$C_{C2} >> \frac{1}{2\pi f_C(R_L + R_C)} = \frac{1}{2\pi.100.8k} \cong 0{,}2\mu F$, sendo (R_L + R_C) a resistência vista pelo capacitor C_{C1}.

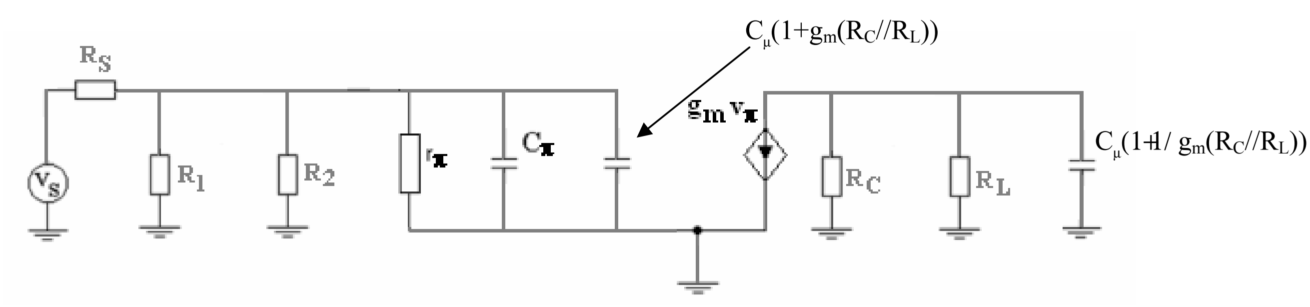
$$C_E >> \frac{1}{2\pi f_C\left(R_E // \left\{r_e + \frac{R_1 // R_2 // R_S}{\beta + 1}\right\}\right)} = \frac{1}{2\pi.100\left(1k // \left\{24{,}4 + \frac{100k // 100k // 1k}{41}\right\}\right)} >> 34{,}5\mu F$$

$r_e = \frac{r_\pi}{\beta + 1} = \frac{1k}{41} = 24{,}4\Omega$ $\qquad\qquad$ $\beta = g_m.r_\pi = \frac{1}{25}x1000 = 40$

Onde, $\left(R_E // r_e + \frac{R_1 // R_2 // R_S}{\beta + 1}\right)$ corresponde a resistência vista pelo capacitor C_{C1}.

(c) Determine a freqüência de corte superior (Deduza a partir do teorema de Miller).

Circuito CA equivalente em altas freqüências:



Circuito de entrada:

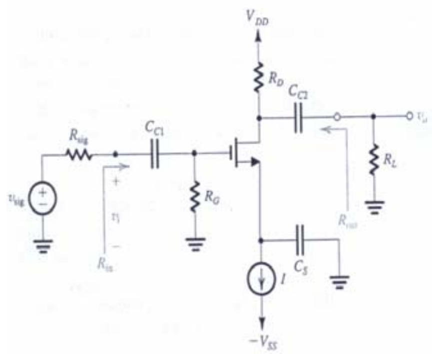
$$\omega_{P1} = 2\pi.f_{CS} = \frac{1}{(C_\pi + C_\mu(1 + g_m(R_C // R_L)).(r_\pi // R_1 // R_2 // R_S)}$$

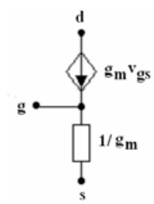
$$\omega_{P2} = \frac{1}{C_\mu(1+\frac{1}{g_m(R_C // R_L)})(R_C // R_L)} = \frac{1}{1pF(1+0{,}0125).(2k)} = 493Mrd/s$$

Temos um pólo dominante em ω_{p1} que produz uma frequência de corte superior f_{CS}:

$$f_{CS} = \frac{\omega_{P1}}{2\pi} = 3{,}74MHz$$

9) (Prova 2009): Dados o circuito amplificador, o modelo para pequenos sinais e as equações abaixo:





Equações:

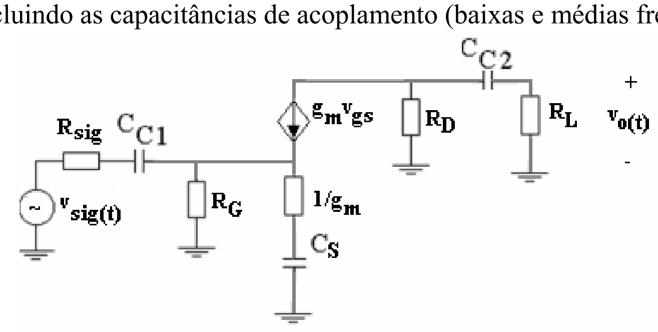
$$\omega_{P1} = 2\pi f_{P1} = \frac{1}{C_{C1}(R_{sig}+R_G)}, \qquad \omega_{P2} = 2\pi f_{P2} = \frac{g_m}{C_S}, \qquad \omega_{P3} = 2\pi f_{P3} = \frac{1}{C_{C2}(R_L+R_D)} \qquad \text{(pólos)}$$

$$T(s) = \frac{Ks}{(s+\omega_p)}$$ (função de transferência de um circuito passa-altas)

Sabendo-se que R_D= 2kΩ , R_L= 2kΩ , R_{sig}= 10kΩ , R_G= 90kΩ e g_m= 5 mA/V:

(a) Desenhe o circuito equivalente para pequenos sinais do amplificador acima para baixas freqüências. Obtenha o ganho em freqüências médias. Na seqüência, escreva a função de transferência A(s)= $V_o(s)/V_{sig}(s)$ para baixas frequências**.**

Circuito para variações, incluindo as capacitâncias de acoplamento (baixas e médias frequências)

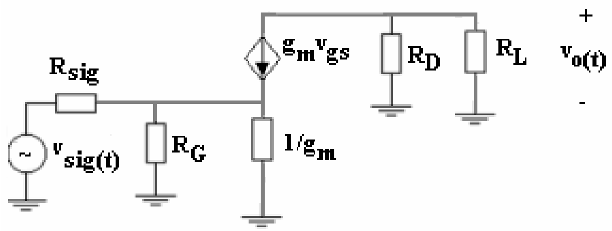


Para cálculo do ganho em freqüências médias:

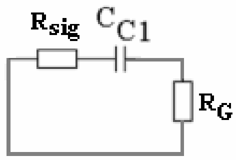
$$v_o(t) = -\, v_{gs}.g_m.(R_D // R_L)$$

$$v_{gs} = \frac{v_{sig}.R_G}{R_G+R_{sig}} = \frac{90k}{90k+10k}.v_{sig}$$

$$A_M = -0{,}9x5.10^{-3}.(2k//2k) = -4{,}5$$

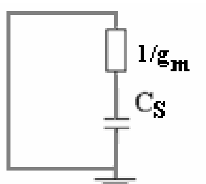


a) inspeção para C_{C1}



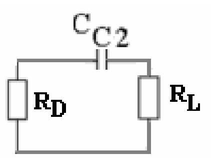
$$\omega_{P1} = 2\pi . f_{C1} = \frac{1}{C_{C1}.(R_{sig} + R_G)}$$

b) inspeção para C_S



$$\omega_{P2} = 2\pi . f_{P2} = \frac{g_m}{C_S}$$

c) inspeção para C_{C2}



$$\omega_{P3} = 2\pi . f_{P3} = \frac{1}{C_{C2}.(R_D + R_L)}$$

. $A_M(s) = A_M \cdot \left(\frac{s}{s+\omega_{P1}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P2}}\right)\left(\frac{s}{s+\omega_{P3}}\right)$

(b) Supondo que a frequência de corte seja 100/2π Hz, calcule os valores de C_{C1}, C_S e C_{C2} sucessivamente supondo que cada um deles seja o capacitor determinante da frequência de corte inferior (polo dominante)**.**

$$\omega_{P1} = \frac{1}{100k.C_{C1}} = 2\pi.\frac{100}{2\pi} \Rightarrow C_{C1} = \frac{1}{10^5.10^2} = 0{,}1\mu F$$

$$\omega_{P2} = \frac{5mA/V}{C_S} = 2\pi.\frac{100}{2\pi} \Rightarrow C_S = \frac{5.10^{-3}}{10^2} = 50\mu F$$

$$\omega_{P3} = \frac{1}{C_{C3}.(2k+2k)} = 2\pi.\frac{100}{2\pi} \Rightarrow C_{C2} = \frac{1}{4k.100} = 2{,}5\mu F$$

(c) Qual capacitor você escolheria para determinar a frequência de corte inferior em 100/2π Hz (polo dominante) de forma que nenhum valor de capacitor ultrapasse 100μF. Justifique considerando que o pólo dominante seja pelo menos 10 vezes maior do que todos os outros.

Escolhemos, por exemplo: C_S = 50μF, C_{C1} = 1μF e C_{C2} = 25μF.