Décima Lista-Aula - Disciplina : Eletrônica I - PSI 3321

Assunto : Transcondutância e modelos π-híbrido e T aplicados ao cálculo do ganho de tensão em amplificadores simples com TBJ´s.

Exercício 1 – Sabendo-se que $i_C = I_S \cdot e^{\frac{v_{BE}}{V_T}}$ e que a transcondutância do TBJ é dada por $g_m = \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}}|_{i_C=I_C}$ mostre que $g_m = \frac{I_C}{V_T}$.

Exercício 2 – Esboce as duas versões do modelo π-híbrido (despreze o efeito Early) e escreva as expressões de cada um de seus parâmetros assumindo conhecidos os valores de β e do ponto Q de operação.

Resposta: $r_\pi \equiv \frac{v_{be}}{i_b} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{V_T}{I_B}$, $g_m \equiv \frac{i_c}{v_{be}} = \frac{I_C}{V_T}$

Exercício 3 – Esboce as duas versões do modelo T (despreze o efeito Early) e escreva as expressões de cada um de seus parâmetros assumindo conhecidos os valores de β e do ponto Q de operação.

Resposta: $r_e \equiv \frac{v_{be}}{i_e} = \frac{V_T}{I_B} = \frac{\alpha}{g_m} \cong \frac{1}{g_m}$, $\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$

Exercício 4 – Um TBJ está polarizado para operar no modo ativo com uma corrente cc de coletor de 1,0 mA. Ele tem um β =120. Faça um esboço dos quatro modelos para pequenos sinais do TBJ com os valores dos seus parâmetros.

Resposta: $g_m = 40mA/V$, $r_\pi = 3{,}0k\Omega$, $r_e = 24{,}8\Omega$, e $\alpha = 0{,}9917$

Exercício 5 – Um certo transistor npn de silício está operando a uma temperatura de 20^0C, com β = 100. Determine os valores correspondentes de g_m e r_π nos seguintes casos: a) I_C = 1mA, b) I_C = 0,1mA, e c) I_C = 1μA. Suponha o dispositivo operando na região ativa.

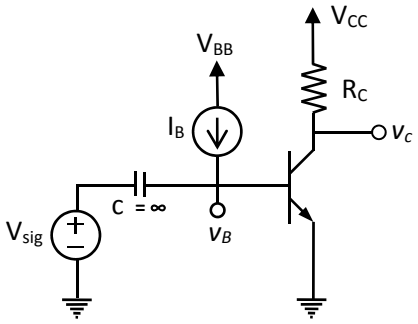
Resposta: a) $g_m = 40mA/V$, $r_\pi = 2{,}5k\Omega$

b) $g_m = 4mA/V$, $r_\pi = 25k\Omega$

c) $g_m = 40\mu A/V$, $r_\pi = 2{,}5M\Omega$

Exercício 6 – No circuito do amplificador a TBJ visto abaixo, a corrente de polarização de base é fixada em 10μA ajustando-se a fonte de corrente I_B. Considere ainda que $V_{CC} = 15V$, $R_C = 10k\Omega$, $\beta = 100$ e $V_{BE} = 0{,}7V$. Nestas condições determine o ganho de tensão relativo ao sinal $G_v = \frac{v_c}{v_{sig}}$.

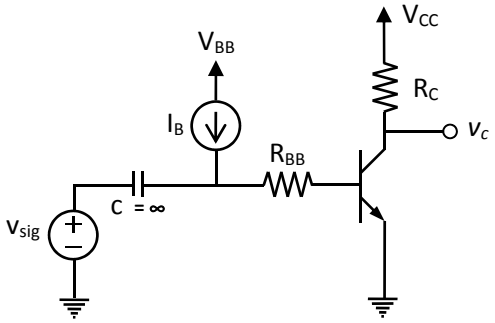
Se a fonte de tensão de sinal for ajustada para $v_{sig} = 5 \cdot \text{sen}\omega t\ (mV)$ calcule a tensão no coletor $v_C(t)$ e a corrente na base $i_{B(t)}$. Esboce as formas de onda das tensões e correntes na base e no coletor do TBJ.



Resposta: $G_V = -400V/V, \quad v_C(t) = 5 - 2 \cdot senwt\ (V)$ *e*

$i_B(t) = 10 + 2 \cdot senwt\ (\mu A)$

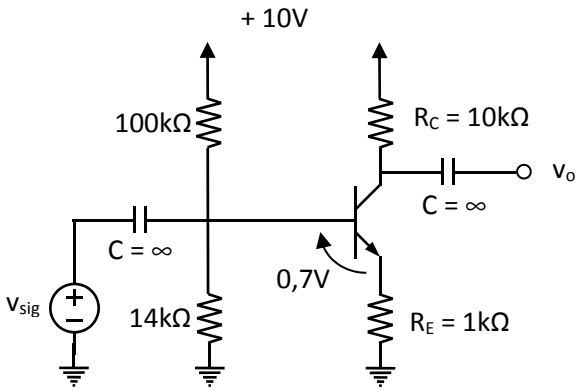
Exercício 7 – Repita os cálculos do exercício anterior, incluindo uma resistência de valor igual a 100kΩ na base do TBJ como na figura abaixo. A inclusão de R_{BB} na base do TBJ se faz necessária quando, a amplitude da fonte de sinal v_{sig} é tal que a amplitude de v_{be} supera o limite de 10mV, o que invalida o uso de modelos lineares na análise do TBJ (não é o caso do exercício anterior, mas foi incluída aqui para mostrar seu efeito no cálculo do ganho de tensão G_V).



Resposta: $G_V = -9{,}76V/V, \quad v_C(t) = 5 - 48{,}8.10^{-3} \cdot senwt\ (V)$ *e*

$i_B(t) = 10 + 0{,}0488 \cdot senwt\ (\mu A)$

Exercício 8 – O TBJ do circuito da figura abaixo tem **β** = 100 e está polarizado no modo ativo. Determine a corrente de polarização do coletor e o ganho de tensão G_V do amplificador. Para o cálculo do ganho, substitua o transistor pelo modelo equivalente T (com o gerador αi_e) para pequenos sinais e mostre que o ganho de tensão $G_v \equiv \frac{v_o}{v_{sig}} = -\frac{\alpha R_C}{R_E + r_e}$. Lembre-se que para a análise ca deve-se curto-circuitar a fonte de alimentação cc.



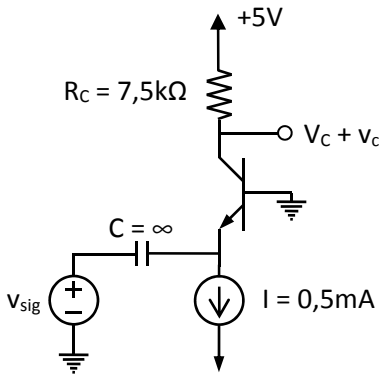
Resposta: I_C = 0,468mA e G_V = - 9,4V/V

Exercício 9 – Esboce as duas versões do modelo π-híbrido incluindo o efeito Early . Escreva a expressão que define o que vem a ser a resistência de saída (r_o) de um TBJ e determine o seu valor como função da tensão de Early.

Resposta: $r_o \equiv \left|\frac{\delta i_C}{\delta v_{CE}}\right|_{v_{CE}=cte}^{-1}$ e $r_o = \frac{V_A}{I_C}$

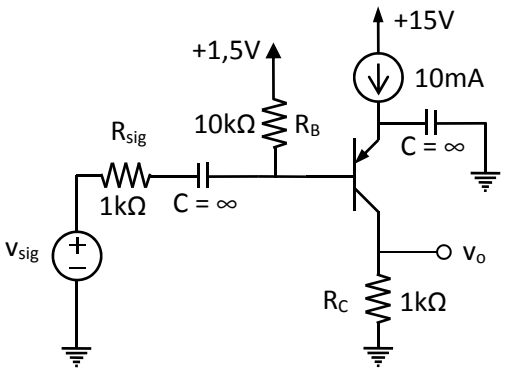
Exercício 10 – Esboce as duas versões do modelo T incluindo o efeito Early.

Exercício 11 – O amplificador com transistor bipolar da figura a seguir está polarizado no modo ativo com uma fonte de corrente I e tem um β muito elevado. Calcule a tensão cc de coletor (V_C) e a transcondutância (g_m). Substitua o transistor por seu modelo π-híbrido (com o gerador $g_m v_{be}$, $r_o = \infty$) e calcule a tensão de sinal na saída do amplificador (v_c).



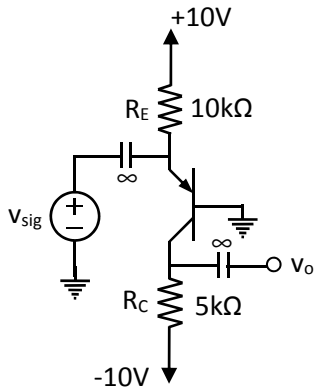
Resposta: $V_C = 1{,}25V$, $g_m = 20mA/V$ e $v_c = g_m \cdot R_C \cdot v_{sig} = 150 v_{sig}$

Exercício 12 – No amplificador abaixo o transistor pnp tem um β = 200 e $V_A = 50V$. Calcule a tensão cc no coletor e encontre o ganho de tensão do amplificador $G_V = \frac{v_o}{v_{sig}}$. Utilize o modelo π-híbrido com gerador $g_m v_{be}$ e resistência de saída r_o (efeito Early).



Resposta: $V_C = 9{,}95V$ e $G_V = -107V/V$

Exercício 13 – No circuito do amplificador abaixo, determine o ponto de operação Q e o ganho de tensão $G_V = \frac{v_o}{v_{sig}}$ (neste caso,amplificador base comum utilize o modelo T com $r_o = \infty$). Considere $\beta = 100$ e $V_{EB} = 0{,}7V$. Qual a máxima excursão do sinal na saída e qual o valor máximo do sinal de entrada?



Resposta: Q (I_C,V_{CE}) = (0,92mA, -6,1V) , G_V = 183,3V/V.

máxima excursão do sinal na saída = 3,66V.

máximo sinal de entrada = 10mV.