

Segunda Lista-Aula - Disciplina : Eletrônica - PSI 2306

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 $g_m = \frac{\partial i_C}{\partial v_{BE}} \Big|_{i_C=I_C}$ 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 $\beta = 120$. Faça um esboço dos quatro modelos para pequenos sinais do TBJ com os valores dos seus parâmetros.

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

Exercício 5 – Um certo transistor npn de silício está operando a uma temperatura de 20°C , com $\beta = 100$. Determine os valores correspondentes de g_m e r_π nos seguintes casos: a) $I_C = 1\text{mA}$, b) $I_C = 0,1\text{mA}$, e c) $I_C = 1\mu\text{A}$. Suponha o dispositivo operando na região ativa.

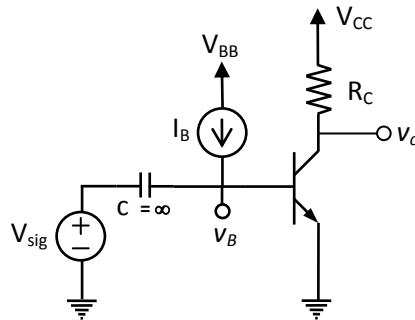
Resposta: a) $g_m = 40\text{mA/V}$, $r_\pi = 2,5\text{k}\Omega$

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

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

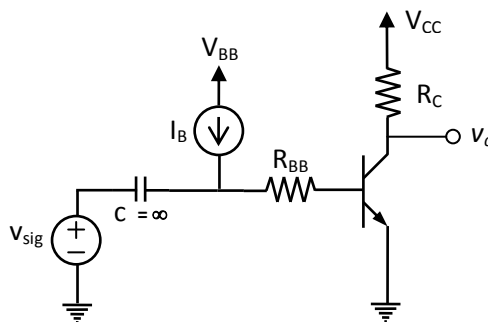
Exercício 6 – No circuito do amplificador a TBJ visto abaixo, a corrente de polarização de base é fixada em $10\mu\text{A}$ ajustando-se a fonte de corrente I_B . Considere ainda que $V_{CC} = 15\text{V}$, $R_C = 10\text{k}\Omega$, $\beta = 100$ e $V_{BE} = 0,7\text{V}$. Nestas condições determine o 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.



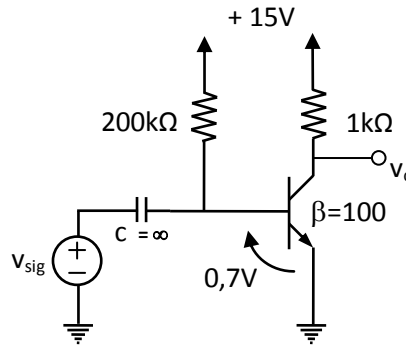
Resposta: $G_V = -400\text{V/V}$, $v_c(t) = 5 - 2 \cdot \text{sen}\omega t$ (V) e
 $i_B(t) = 10 + 2 \cdot \text{sen}\omega t$ (μA)

Exercício 7 – Repita os cálculos do exercício anterior, incluindo uma resistência de valor igual a $100\text{k}\Omega$ 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).



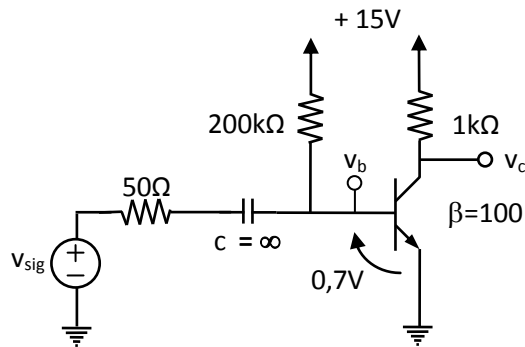
Resposta: $G_V = -9,76\text{V/V}$, $v_c(t) = 5 - 48,8 \cdot 10^{-3} \cdot \text{sen}\omega t$ (V) e
 $i_B(t) = 10 + 0,0488 \cdot \text{sen}\omega t$ (μA)

Exercício 8– Determine o ganho de tensão $G_V = \frac{v_c}{v_{sig}}$ no circuito que segue:



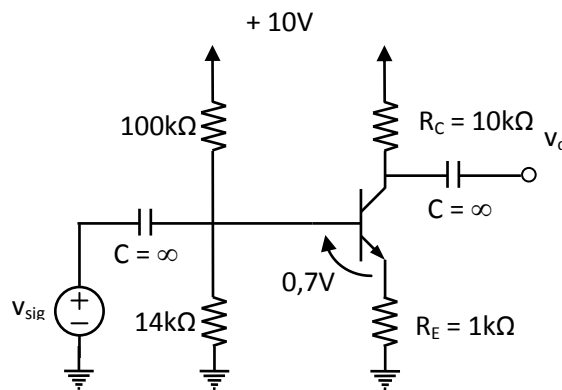
Resposta: $G_V = -286V/V$

Exercício 9– O amplificador da figura abaixo é o mesmo do exercício 7, sendo que neste caso o gerador de sinal apresenta uma resistência interna de 50Ω . Determine o ganho de tensão $A_V \equiv \frac{v_c}{v_b}$ e o ganho global de tensão $G_V \equiv \frac{v_c}{v_{sig}}$.



Resposta: $A_V = -286V/V$ e $G_V = -250V/V$

Exercício 10 – O TBJ do circuito da figura abaixo tem $\beta = 100$ 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.



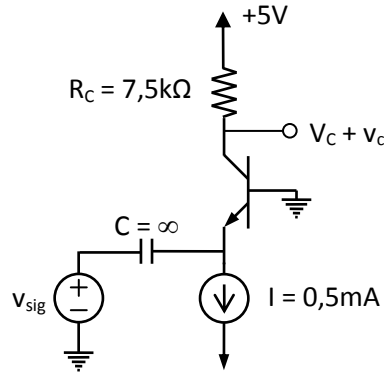
Resposta: $I_C = 0,468\text{mA}$ e $G_v = -9,4\text{V/V}$

Exercício 11 – 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 $r_o = \frac{V_A}{I_C}$

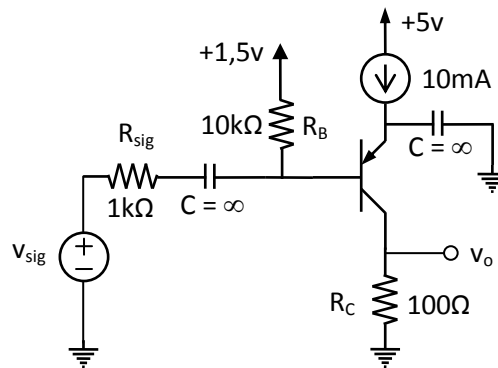
Exercício 12 – Esboce as duas versões do modelo T incluindo o efeito Early.

Exercício 13 – 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 $g_m v_{be}$) e calcule a tensão de sinal na saída do amplificador (v_c).



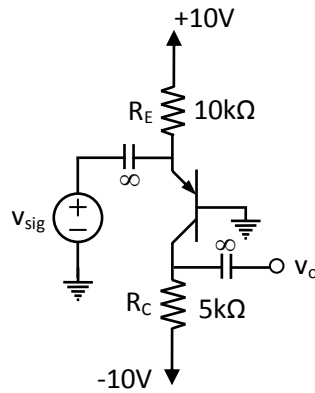
Resposta: $V_C = 1,25V$, $g_m = 20mA/V$ e $v_c = g_m \cdot R_C \cdot v_{sig} = 150v_{sig}$

Exercício 14 – No amplificador abaixo o transistor pnp tem um $\beta = 200$. Calcule a tensão cc no coletor. Encontre o ganho de tensão do amplificador $G_V = \frac{v_o}{v_{sig}}$.



Resposta: $V_C = 0,995V$ e $G_V = -12,85V/V$

Exercício 15 – No circuito do amplificador abaixo, determine o ponto de operação Q e o ganho de tensão $G_V = \frac{v_o}{v_{sig}}$. 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), $G_V = -12,85V/V$.

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

máximo sinal de entrada = 10mV.