

Problema 5.2 (Resposta em baixa e em alta frequência)

Considerar o circuito representado na Fig. P5.2, em que o transistor tem $\beta = 200$, $f_T = 50 \text{ MHz}$ e $C_\mu = 5 \text{ pF}$.

(a) Determinar a frequência limite inferior do ganho de tensão pelo método das constantes de tempo de curto-circuito.

(b) Determinar a frequência limite superior do ganho de tensão, utilizando o teorema de Miller, e utilizando o método das constantes de tempo de circuito aberto.

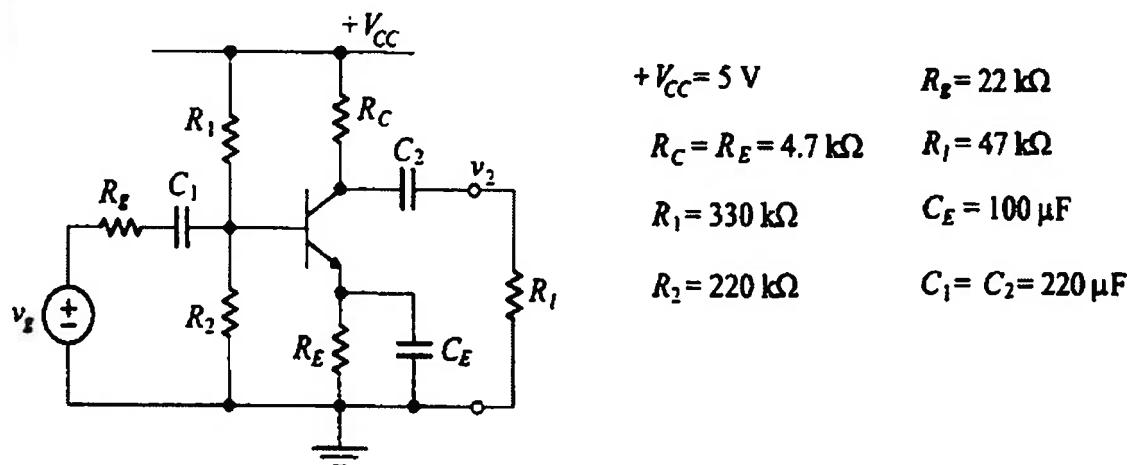


Fig. P5.2

RESOLUÇÃO:

a) Ponto de funcionamento em repouso:

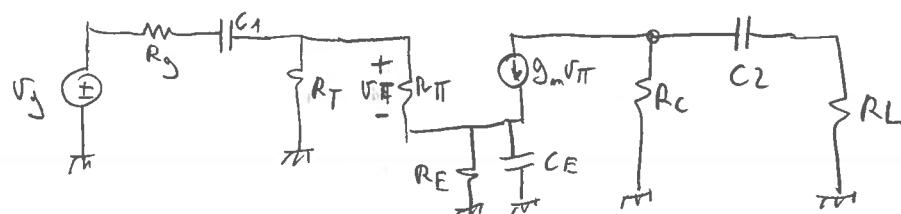
$V_T = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 2 \text{ V}$ $R_T = R_1 // R_2 = 132 \text{ k}\Omega$ $v_{BEON} = 0.7 \text{ V}$
 $I_B = \frac{V_T - V_{BEON}}{R_T + R_E (\beta + 1)} = 0.831 \text{ mA}$
 $I_C = \beta I_B = 0.166 \text{ mA}$ $(\beta + 1) I_B$
 $V_{CE} = V_{CC} - R_C I_C - R_E I_E = 3.435 \text{ V} > V_{CESAT}$

Parâmetros do modelo AC: $g_m = \frac{I_C}{V_T} = 6.64 \text{ ms}$ $r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = 30.12 \text{ k}\Omega$

$$\omega_T = 2\pi f_T = \frac{g_m}{C_\pi + C_\mu} \Rightarrow C_\pi + C_\mu = \frac{g_m}{2\pi f_T} = 21.1 \text{ pF}$$

$$C_\mu = 5 \text{ pF} \Rightarrow C_\pi = 21.1 - 5 = 16.1 \text{ pF}$$

Esquema dinâmico:



Método das constantes de tempo de circuito-círculo:

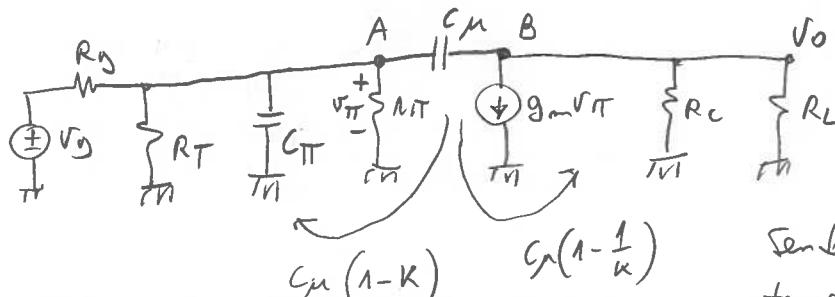
R_{K0} é a resistência equivalente em paralelo com C_K com os restantes condensadores em circuito-círculo ($\omega = \infty$)

$$\begin{cases} R_{100} = R_g + (R_T // N\pi) = 46.52 \text{ k}\Omega \\ R_{E0} = R_E // \frac{n\pi + (R_T // R_g)}{\beta + 1} = 241 \Omega \\ R_{300} = R_c // R_L = 4.27 \text{ k}\Omega \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \omega_L &= \sum_K \frac{1}{C_K R_{K0}} \\ &= 42.66 \text{ rad s}^{-1} \\ f_L &= \frac{\omega_L}{2\pi} = 6.79 \text{ Hz} \end{aligned}$$

b) Esquema simplificado:

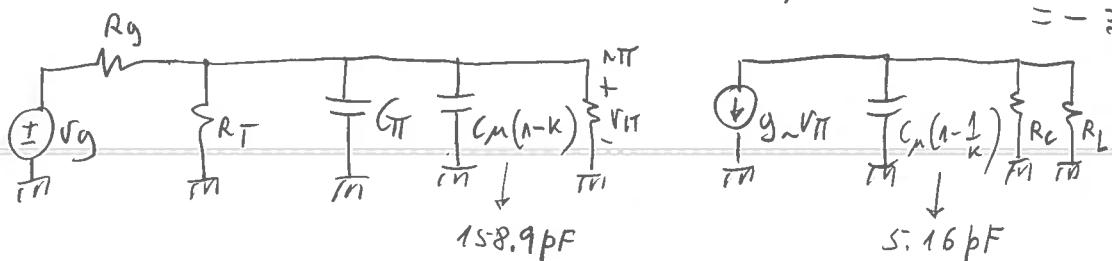
Nas altas frequências C_1, C_2 e C_E são circuito-círculos.



Sendo k o ganho de tensão entre os nós

$$A \text{ e } B: k = -g_m (R_c // R_L) = -30.77$$

Aplicando o teorema de Miller:



Método das constantes de tempo de circuito aberto:

R_{K0} é a resistência equivalente em paralelo com C_K com os restantes condensadores em circuitos abertos ($\omega = 0$)

$$C_{pi} + C_n(1 - k) = 175 \text{ pF}$$

$$R_{pi0} = R_g // R_T // N\pi = 11.6 \text{ k}\Omega$$

$$C_n(1 - \frac{1}{k}) = 5.16 \text{ pF}$$

$$R_{no} = R_c // R_L = 4.27 \text{ k}\Omega$$

$$\omega_H = \frac{1}{\sum_K C_K R_{K0}}$$

$$f_H = \frac{\omega_H}{2\pi} = 77.6 \text{ kHz}$$