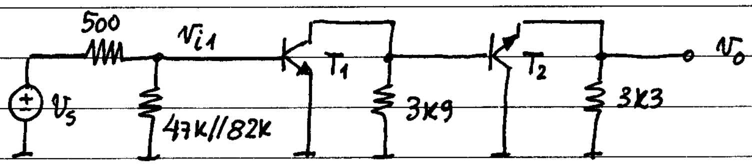
Resolução (compacta):

a) O condensador de 50µF origina um zero e um pólo na função de transferência:

$$\omega_0 = (3k3 \times 50\mu)^{-1} \Rightarrow f_0 = 0{,}96\ Hz \qquad r_{\pi 1} = \beta_0 / g_{m1} = 5\,k\Omega$$

$$\omega_p = \left\{ 50\mu \left[3k3 \,/\!/\, \frac{(500 /\!/ 47k /\!/ 82k) + r_{\pi 1}}{\beta_0 + 1} \right] \right\}^{-1} \Rightarrow f_p = 117{,}5\ Hz$$

Ganho às médias:



$A_2 \cong 1$

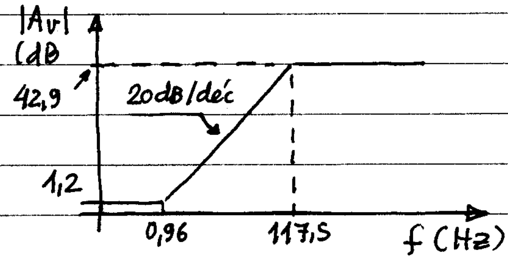
$r_{\pi 2} = \beta_0 / g_{m2} = 2{,}5\,k\Omega$

$$R_{i2} = r_{\pi 2} + 201 \times 3k3 = 665{,}8\ k\Omega \gg 3k9$$

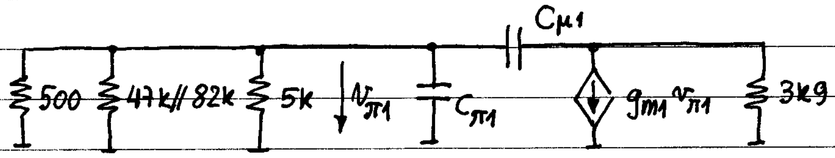
$$A_1 \cong -g_{m1}\, 3k9 = -156\ V/V \qquad \frac{v_{i1}}{v_s} = \frac{47k /\!/ 82k /\!/ 5k}{500 + (47k /\!/ 82k /\!/ 5k)} = 0{,}895$$

$$A_M = \frac{v_{i1}}{v_s} \cdot A_1 \cdot A_2 \cong -140\ V/V \Rightarrow 42{,}9\ dB$$

Às baixas: $A_B = -140 \dfrac{0{,}96}{117{,}5} = -1{,}15\ V/V \Rightarrow 1{,}2\ dB$



b)



$$C_{\pi 1} = \frac{g_{m1}}{2\pi f_T} - C_{\mu 1} = 27{,}8\ pF \qquad K = -g_{m1}\, 3k9 = -156\ V/V$$

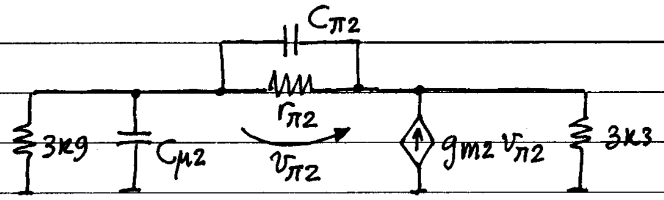
$$C_{M1} = C_{\pi 1} + C_{\mu 1}(1 - K) \cong 656\ pF \qquad C_{M2} = C_{\mu 1}\left(1 - \frac{1}{K}\right) \cong C_{\mu 1} = 4\ pF$$

$$\tau_i = (500 /\!/ 47k /\!/ 82k /\!/ 5k)\, C_{M1} \cong 294\ ns \qquad \tau_o = 3k9\, C_{M2} \cong 15{,}6\ ns$$

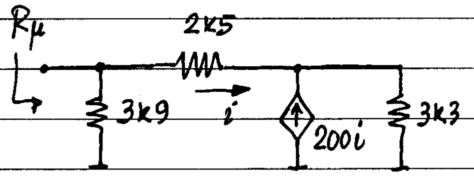
Como $\tau_i \gg \tau_o$, em boa aproximação, $\tau_1 \cong \tau_i = 294\ ns$

Contudo, como $C_{M2} \cong C_{\mu 1}$, $\tau_1 = \tau_i + \tau_o \cong 310\ ns$ corresponde à aproximação que se pode obter pelo método das constantes de tempo, que é melhor.

c) $C_{\pi 2} = \dfrac{g_{m2}}{2\pi f_T} - C_{\mu 2} = 59{,}7\ pF$

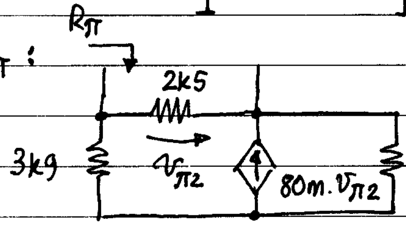


R_μ :

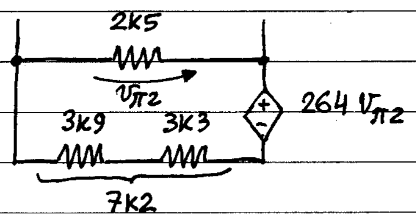


$$R_\mu = 3k9 // (2k5 + 201 \times 3k3) \cong$$
$$\cong 3{,}9\ k\Omega$$

R_π :

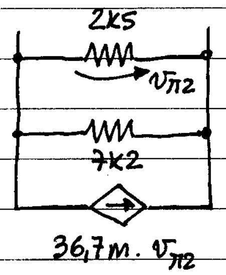


$\Rightarrow$



$\Rightarrow$

$\Rightarrow$



$$\Rightarrow R_\pi = 2k5 // 7k2 // \frac{1}{36{,}7m} \cong 27\,\Omega$$

$$\tau_2 = \tau_{\mu 2} + \tau_{\pi 2} = 4p \times 3k9 + 57{,}9p \times 27 \cong 17{,}2\ ns$$

d) Os valores $\tau_1 = \tau_i + \tau_0$ e $\tau_2 = \tau_{\mu 2} + \tau_{\pi 2}$, somados, correspondem ao valor que se obteria aplicando o método das constantes de tempo ao circuito completo.

Logo

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 \cong 327\ ns \Rightarrow f_H = \frac{1}{2\pi\tau} \cong 487\ kHz$$

T_1 condiciona decisivamente f_H pois $\tau_1 \gg \tau_2$. De facto, T_1 é um EC de emissor à massa com ganho elevado, logo sofre de efeito de Miller elevado, enquanto T_2 é um CC, cuja resposta em frequência é muito boa.