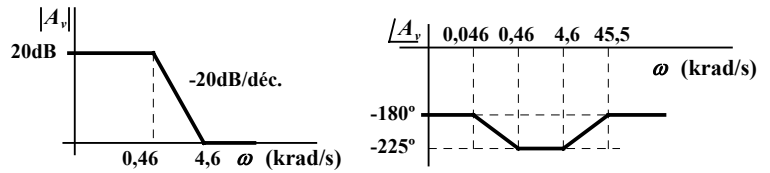


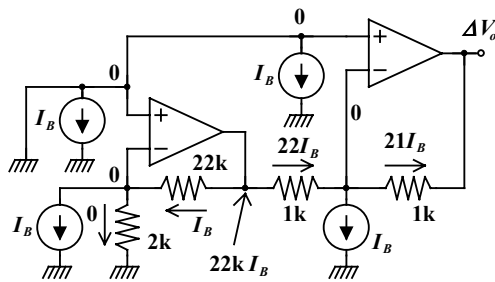
Resolução (compacta):

1a.  $V_o = 2 V_i - V_{oi}$  onde  $V_{oi} = (1 + Z_2 / Z_1) V_i$  em que  $Z_1 = 2k / (1 + s 400\mu)$  e  $Z_2 = 22k / (1 + s 2200\mu)$

donde  $\frac{V_o}{V_i} = 1 - \frac{Z_2}{Z_1} = -10 \frac{1 + s 220\mu}{1 + s 2200\mu}$



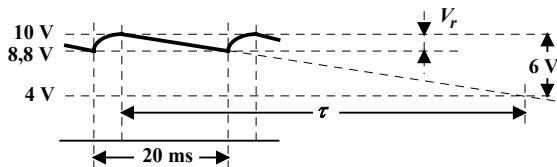
1b.



donde  $\Delta V_o = -1k \cdot 21I_B = -0,42 V$

2a.  $\hat{V}_a = 220\sqrt{2} / 29 - 0,7 \cong 10 V$   $T = 1/f = 20 ms$   $\tau = 1k \cdot 100\mu = 100 ms$

$v_A = 4 + 6 e^{-t/\tau}$  mas como  $T \ll \tau$   $\hat{V}_a - V_r \cong 4 + 6(1 - T/\tau) = 8,8 V$



Visto doutra maneira (ver figura):

$\frac{6V}{\tau} \cong \frac{V_r}{20ms} \Rightarrow V_r = 1,2 V$

2b. Temos  $i_D = i_C + (v_A - 4) / 1k$  e se  $v_A = 10 \cos 100\pi t$  vem  $i_C = C \frac{dv_A}{dt} = -0,1\pi \sin 100\pi t$

que é máxima para  $t = -\Delta t$  em que  $9 = 10 \cos 100\pi \Delta t$  donde  $100\pi \Delta t = \arccos 0,9$

logo  $i_{Cm\acute{a}x} = 137 mA$ . Finalmente, como  $(v_A - 4) / 1k$  vale 5 mA quando  $i_C$  é máxima, resulta:

$i_{Dm\acute{a}x} \cong 142 mA$ .

2c.  $r_z = \frac{4 - 3,9}{(10 - 1)m} \cong 11\Omega$  e  $V_{Z0} = 4 - 11 \times 10m \cong 3,89 V$

Quando  $R_L$  é mínimo,  $I_L$  é máximo e  $I_Z$  é mínimo. Na pior das hipóteses ( $v_A = 9 V$ ) deve ser  $I_Z \geq 1 mA$ . Então:

$9 = 1k \left( I_Z + \frac{V_Z}{R_L} \right) + V_Z$  e  $V_Z = 3,89 + 11 I_Z$

$I_Z = \frac{9 - \left( \frac{1k}{R_L} + 1 \right) \times 3,89}{1k + \left( \frac{1k}{R_L} + 1 \right) \times 11} \geq 1mA \Rightarrow R_L \geq 951\Omega$

Visto doutra maneira: - Como quando  $I_Z = I_{ZK}$  é  $V_Z = V_{ZK} = 3,9 V$ , então a condição pode exprimir-se como  $V_Z \geq 3,9 V$ , i.e., a corrente em 1k deve ser  $\leq 5,1 mA$  e, portanto, a corrente na carga  $\leq 4,1 mA$ . Então,  $R_L \geq (3,9/4,1m) = 951 \Omega$ .

3a.  $V_{GS2} = 0 \Rightarrow I_{D2} = 1 \text{ mA}$

Presumivelmente, quer  $I_{B3}$ , quer a corrente em 2M, são  $\ll 1 \text{ mA}$ , então  $I_{D1} \cong 1 \text{ mA}$ .

Como  $I_{D1} = 1 \cdot (V_{GS1} - 1)^2$  vem  $V_{GS1} = 2 \text{ V}$

Então, a tensão em 1M é  $2 + 220 \times 1\text{m} = 2,22 \text{ V}$  e em 2M será o dobro, 4,44 V.

$V_{G1} = -6 + 2,22 = -3,78 \text{ V}$   $V_{D1} = V_{D2} = V_{B3} = -3,78 + 4,44 = 0,66 \text{ V}$

$V_{E3} = 0,66 - 0,7 \cong 0 \text{ V} \Rightarrow I_{E3} = 6 / 5\text{k}6 = 1,06 \text{ mA}$

Trivialmente:  $V_{S1} = -5,78 \text{ V}$   $V_{G2} = V_{S2} = 6 \text{ V}$  e  $V_{C3} = 6 \text{ V}$

Verificação:  $V_{GD1} = -4,44 \text{ V} < V_t \Rightarrow T_1$  saturado

$V_{GD2} = 5,34 \text{ V} > V_t \Rightarrow T_2$  saturado

$V_{CB3} = 5,34 \text{ V} > -0,4 \text{ V} \Rightarrow T_3$  activo

$I_{B3} = 10,6 \mu\text{A} \ll 1 \text{ mA}$  como admitido

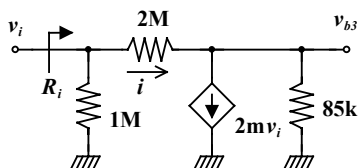
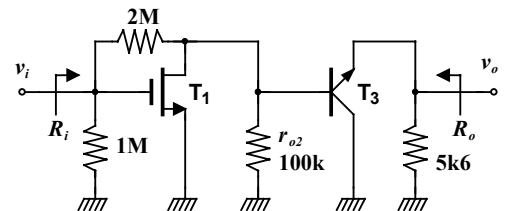
$I_{2M} = 2,22 \mu\text{A} \ll 1 \text{ mA}$  idem.

3b.

$A_v = A_1 A_3$  e  $A_3 = v_o / v_{b3} \cong 1$  (CC)

$r_{\pi3} = 2,5 \text{ k}\Omega$   $R_{i3} = r_{\pi3} + (\beta + 1) 5\text{k}6 = 568 \text{ k}\Omega$

$r_{o2} // R_{i3} = 85 \text{ k}\Omega$   $g_{m1} = 2 \text{ mA/V}$

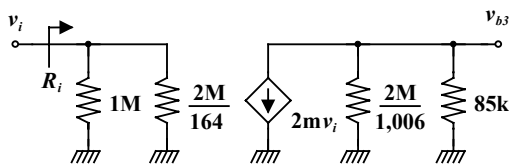


$v_{b3} = 85\text{k} \left( \frac{v_i - v_{b3}}{2\text{M}} - 2\text{m} v_i \right) \Rightarrow A_1 = \frac{v_{b3}}{v_i} = -163$

$A_v \cong -163 \text{ V/V}$

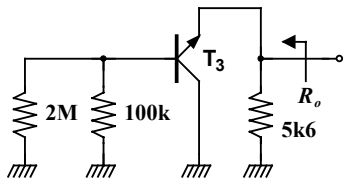
3c.  $R_i = \frac{v_i}{i_i} = \frac{v_i}{\frac{v_i}{1\text{M}} + i} = \frac{v_i}{\frac{v_i}{1\text{M}} + \frac{v_i - v_{b3}}{2\text{M}}} = \frac{1}{\frac{1}{1\text{M}} + \frac{1 - A_1}{2\text{M}}} = 1\text{M} // \frac{2\text{M}}{164} \cong 12 \text{ k}\Omega$

Outra maneira: - aplicando o T. Miller a 2M



Por simples inspecção:

$R_i = 1\text{M} // \frac{2\text{M}}{164} \cong 12 \text{ k}\Omega$



$R_o = 5\text{k}6 // \frac{2\text{M} // 100\text{k} + 2\text{k}5}{101} = 825 \Omega$

3d.  $T_1$  passa a ser um FC com resistência de fonte, logo  $|A_1|$  diminui. Então a resistência de Miller aumenta e, portanto,  $R_i$  aumenta.

3e. Noção de efeito de corpo: ver livro. Se o circuito em análise for de componentes discretos, nada impede de ligar o substrato à fonte, em cada transistor, não havendo, assim, efeito de corpo. Se for um circuito integrado, o substrato de  $T_2$  deverá ser ligado a +6 V, logo  $V_{SB2} = 0$ , pelo que não há efeito de corpo. Contudo, como o substrato de  $T_1$  deverá ser ligado a -6 V, resulta  $V_{SB1} = 0,22 \text{ V}$ . Desta forma,  $T_1$  terá efeito de corpo, embora reduzido devido ao pequeno valor de  $V_{SB}$ .