Electrónica II - 2004-05 | **1ª chamada**
3º ano (LEEC - APEL) | **28 JUN 05**

Resolução (compacta):

1. T_7: $1m = 1m\,(V_{GS7}-1)^2 \Rightarrow V_{GS7} = 1 \pm 1 = 2V \vee \cancel{0}$

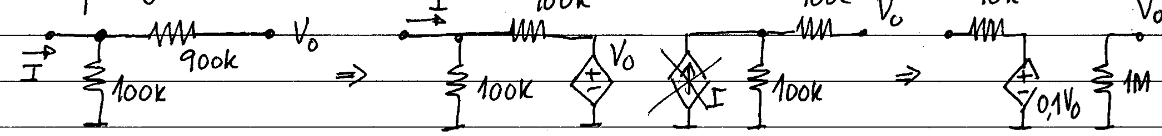
Por simetria $V_{GS6} = -2\,V$

Ramo T_6, R, T_7: $10 = -V_{GS6} + R \cdot 1m + V_{GS7} \Rightarrow R = 6\,k\Omega$

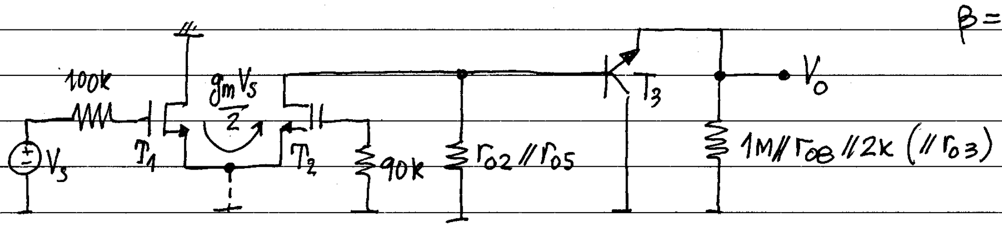
$I_6 = I_7 = 1\,mA \Rightarrow$
- $I_4 = 1\,mA \Rightarrow I_1 + I_2 = 1\,mA$
- $I_5 = 0{,}5\,mA \Rightarrow I_2 = 0{,}5\,mA \Rightarrow I_1 = 0{,}5\,mA$
- $I_8 = 5\,mA$

$V_{G1} = 0,\ I_1 = I_2 \Rightarrow V_{G2} = 0 \Rightarrow I_{100k} = 0 \Rightarrow I_{900k} = 0 \Rightarrow V_0 = 0\,V \Rightarrow$
$\Rightarrow I_{2k} = 0 \Rightarrow I_3 = I_8 = 5\,mA$

2. Topologia tensão-série



$\beta = 0{,}1\ V/V$



3. $A_v = A_{12} \times A_3$

$g_{m12} = 2\sqrt{0{,}5 \times 0{,}5} = 1\,mA/V$

$r_{o2} = r_{o5} = \dfrac{100}{0{,}5m} = 200\,k\Omega$

$A_{12} = \dfrac{V_{b3}}{V_s} = \dfrac{g_{m12}}{2}\,(r_{o2} // r_{o5} // R_{i3})$

$r_{\pi 3} = \dfrac{200 \times 25m}{5m} = 1\,k\Omega$

$R_{i3} = r_{\pi 3} + (\beta_0 + 1)(R_{E3}) \cong 335\,k\Omega$

$r_{o3} = r_{o8} = \dfrac{100}{5m} = 20\,k\Omega$

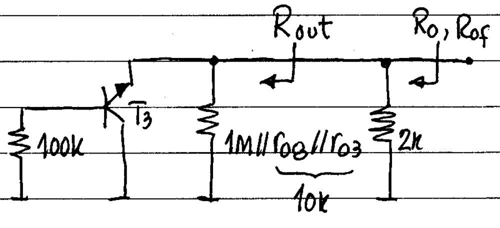
$A_{12} = \dfrac{1m}{2}\,(100k // 335k) \cong 38{,}5\ V/V$

$R_{E3} = 1M // r_{o3} // r_{o8} // 2k = 1{,}66\,k\Omega$

Como $r_{e3} \ll R_{E3}$ $\quad A_3 = \dfrac{R_{E3}}{r_{e3} + R_{E3}} \cong 1$

$r_{e3} \cong \dfrac{25m}{5m} = 5\,\Omega$

logo $A_v \cong 38{,}5\ V/V$ e $A_{vf} = \dfrac{A_v}{1+\beta A_v} = \dfrac{38{,}5}{1+0{,}1 \times 38{,}5} \cong 7{,}94\ V/V$



malha aberta:

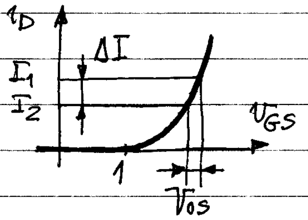
$R_{out} = 1M // 10k // \dfrac{101k}{201} \cong 478\,\Omega$

$R_o = 2k // R_{out} \cong 386\,\Omega$

$R_{of} = \dfrac{R_o}{1+\beta A_v} \cong 79{,}5\,\Omega = 2k // R_{outf} \Rightarrow R_{outf} \cong 83\,\Omega$

4. $W_5 = 0{,}8\,\frac{W}{2} \Rightarrow K_5 = 0{,}8\,\frac{K}{2} \Rightarrow I_5 = 0{,}8\,\frac{1m}{2} = 0{,}4mA$

Então $I_2 = 0{,}4mA$ e $I_1 = 0{,}6mA$. Temos assim, em repouso, um desequilíbrio $\Delta I = 0{,}2mA$. Por definição, V_{OS} é a tensão a aplicar entres as duas entradas (do amp. dif.) que permita anular esse desequilíbrio.



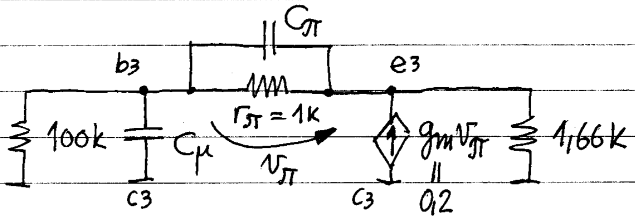
Admitindo que o desvio é pequeno:

$$V_{OS} \cong \frac{\Delta I}{g_m} \quad \text{com } g_m \cong g_{m1} \cong g_{m2} \cong 1mA/V$$

logo $V_{OS} \cong \frac{0{,}2m}{1m} = 200\,mV$

5. Um amplificador diferencial amplifica a diferença entre as entradas. Em repouso, sendo nula a tensão diferencial de entrada, a saída deveria ser nula. Contudo, um amp. dif. requer o uso de um andar de entrada que seja um par diferencial. Ora, este só idealmente é perfeitamente simétrico. Assim, são inevitáveis pequenas assimetrias que originam desequilíbrios que, associados a um elevado ganho, originam, em malha aberta, desvios na saída tão grandes que saturam o amplificador. Com realimentação, a consequente redução do ganho evita a saturação, mas pode não eliminar o desvio. (No presente caso, o ganho em malha aberta não é grande, mas para provocar um desvio na saída, em malha aberta, de 5V, logo saturando o amp., basta $V_{OS} \cong 130\,mV$!)

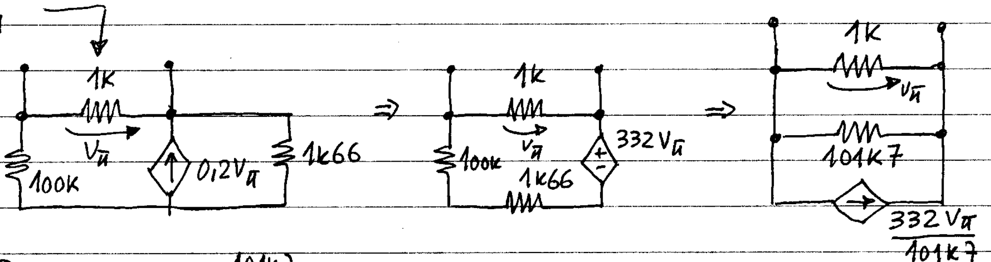
6.



Ver alínea 3

$R_\mu = 100k // R_{i3} \cong 77k\Omega$

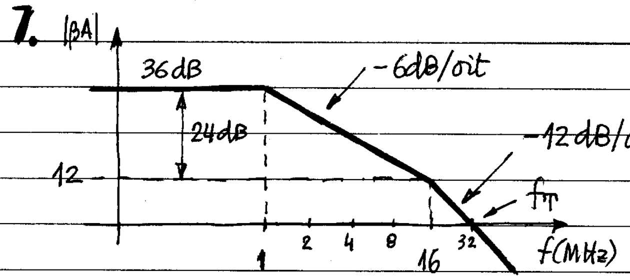
R_π



$R_\pi = 1k // 101k7 // \frac{101k7}{332} \cong 234\,\Omega$

$\tau = 77k \times 2p + 234 \times 50p \cong 166\,ns$

1.



De 1 a 16 MHz temos 4 oitavas, pelo que com um declive de $-6dB/oit$, o ganho $|\beta A|$ desce de 24 dB. Assim, $|\beta A|$ vale 12dB para 16MHz e como até f_T o declive é $-12dB/oit$, f_T está uma oitava acima de 16MHz, isto é, $f_T = 32 MHz$.

$$\phi = -\text{arctg}\frac{32}{1} - \text{arctg}\frac{32}{16} \cong -151{,}6^\circ \Rightarrow \phi_M = 180 + \phi = 28{,}4^\circ$$

A margem de fase é suficientemente confortável para garantir que o amplificador é estável. Contudo, a qualidade da resposta é má pois, sabendo-se que com $\phi_M = 45^\circ$ a ultrapassagem na resposta ao degrau já é de 20%, com $28{,}4^\circ$ é seguramente muito maior. Assim, dependendo da aplicação, a resposta poderá ser insatisfatória.