

Resolução (compacta):

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

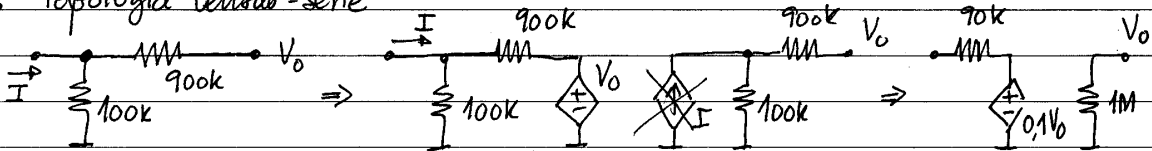
Por simetria  $V_{GS6} = -2V$

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

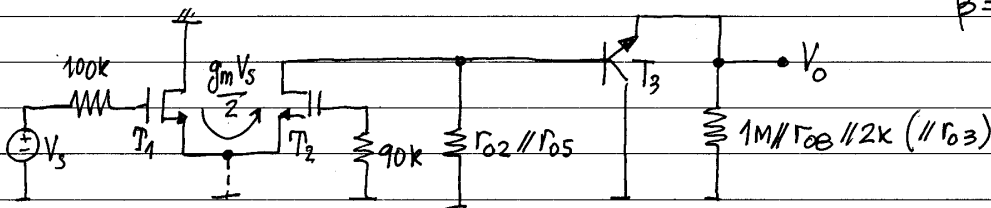
$I_6 = I_7 = 1mA \Rightarrow I_4 = 1mA \Rightarrow I_1 + I_2 = 1mA$   
 $I_5 = 0,5mA \Rightarrow I_2 = 0,5mA \Rightarrow I_1 = 0,5mA$   
 $I_B = 5mA$

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

2. Topologia tensão-série



$\beta = 0,1 V/V$



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

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

$R_{i3} = r_{\pi3} + (\beta_0 + 1)(R_{E3}) \cong 335k\Omega$

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

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

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

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

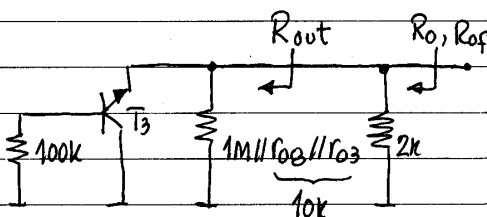
$r_{\pi3} = \frac{200 \times 25m}{5m} = 1k\Omega$

$r_{o3} = r_{oB} = \frac{100}{5m} = 20k\Omega$

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

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

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



malha aberta:

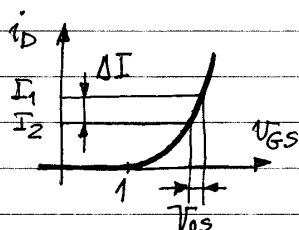
$R_{out} = 1M \parallel 10k \parallel \frac{101k}{201} \cong 478\Omega$

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

$R_{of} = \frac{R_o}{1 + \beta A_v} \cong \frac{386}{1 + 0,1 \times 38,5} \cong 79,5\Omega = 2k \parallel R_{outf} \Rightarrow R_{outf} \cong 83\Omega$

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

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



Admitindo que o desvio é pequeno:

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

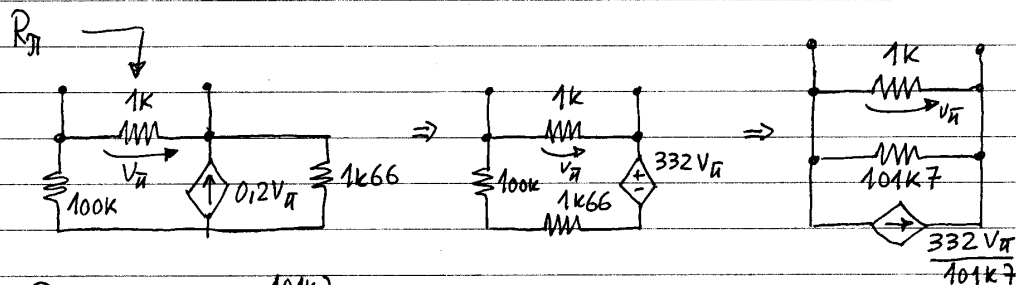
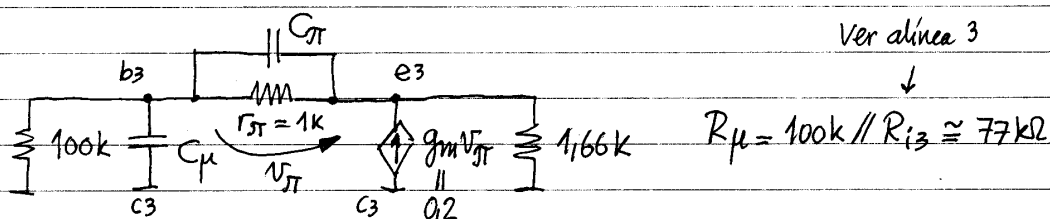
$$\text{logo } V_{os} \cong \frac{0,2m}{1m} = 200 mV$$

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.

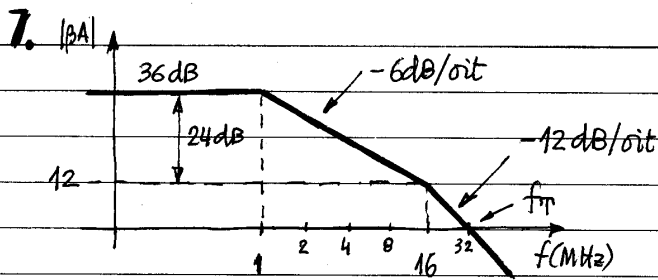
(No presente caso, o ganho em malha aberta não é grande, mas para provocar um desvio na saída, em malha aberta, de 5V, logo saturando o amp., basta  $V_{os} \cong 130 mV$ !)

6.



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

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



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

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

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.