

Resolução (compacta):

$$1. \quad 30 = -V_{GS6} + 18k \cdot I_G \rightarrow I_G = \frac{30 + V_{GS6}}{18k} = 0,5(V_{GS6} + 2)^2$$

$$\Rightarrow I_G = 1,46 \text{ mA} \Rightarrow I_1 = 1,46 \text{ mA} \Rightarrow I_2 = 4 I_G = 5,83 \text{ mA}$$

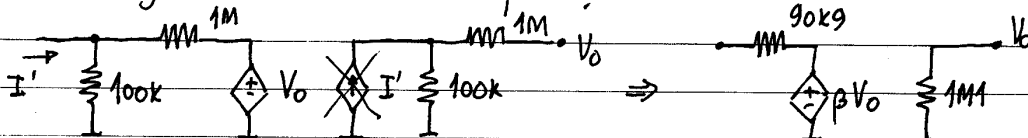
Como $I_1 = I_2 + I_3$, $I_2 = I_4$, $I_5 = I_4$ e $I_3 = I_5$ resulta
 $I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_1/2 = 0,73 \text{ mA}$, ignorando o efeito de r_o .

Continuando a ignorar esse efeito, como $I_2 = I_3 \Rightarrow V_{GS2} = V_{GS3}$.

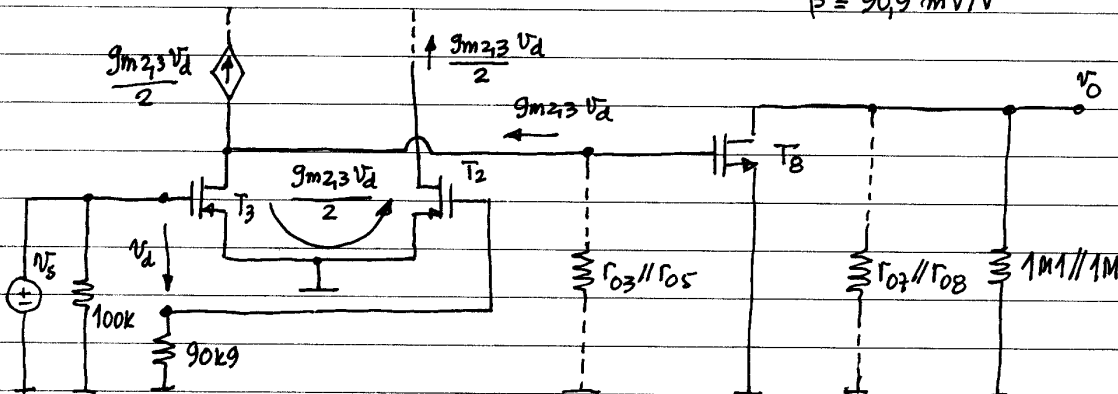
Sendo $V_{S2} = V_{S3}$, então $V_{G2} = V_{G3} = 0$, logo $I_{R2} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{Rf} = 0 \Rightarrow V_0 = 0$ e $I_{RL} = 0$, Então $I_B = I_2 = 5,83 \text{ mA}$.

2. Amostragem de Tensão e comparação série.



$$\beta = 90,9 \text{ mV/V}$$



$$3. \quad I_G = 1 \text{ mA} \Rightarrow I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = 0,5 \text{ mA} \text{ e } I_7 = I_8 = 4 \text{ mA}$$

$$r_{o3} = r_{o5} = \frac{60}{0,5 \text{ m}} = 120 \text{ k}\Omega \text{ e } r_{o7} = r_{o8} = \frac{60}{4 \text{ m}} = 15 \text{ k}\Omega$$

$$r_{o3} // r_{o5} = 60 \text{ k}\Omega, \quad r_{o7} // r_{o8} = 7,5 \text{ k}\Omega, \quad g_{m2,3} = 2\sqrt{0,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}} = 1 \text{ mA/V}$$

$$g_{m8} = 2\sqrt{0,5 \text{ m} \times 4 \text{ m}} = 2,83 \text{ mA/V}$$

$$A_B = -g_{m8} (r_{o7} // r_{o8} // 1 \text{ M} // 1 \text{ M}) = -20,9 \text{ V/V} \quad A_{2,3} = -g_{m2,3} (r_{o3} // r_{o5}) = -60 \text{ V/V}$$

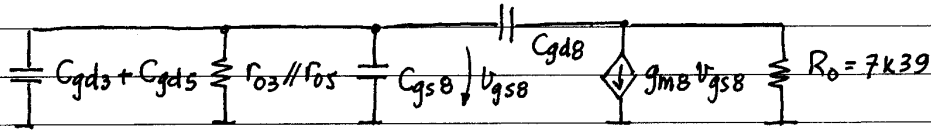
$$\text{Como } R_{id} \approx \infty \Rightarrow \frac{v_d}{v_s} \approx 1$$

$$\text{logo } A_v = A_{2,3} \times A_B = 1,25 \text{ V/mV} \Rightarrow 1 + \beta A_v \approx 115,1$$

$$A_{vf} = \frac{A_v}{1 + \beta A_v} \approx 10,9 \text{ V/V} \text{ (próximo dos 11 ideais - montagem n inv.)}$$

$$R_o = r_{o7} // r_{o8} // 1 \text{ M} // 1 \text{ M} \approx 7,39 \text{ k}\Omega \quad R_{of} = \frac{R_o}{1 + \beta A_v} \approx 64 \Omega$$

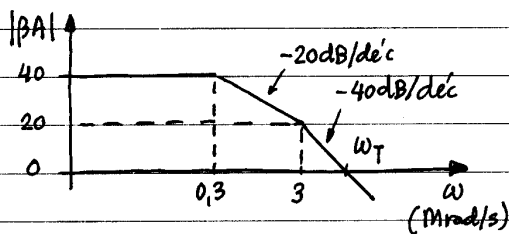
4. Admitindo, em boa aproximação, que a impedância de saída de T_5 é $r_{o5} \parallel C_{gd5}$ e a de T_3 é $r_{o3} \parallel C_{gd3}$, Temos:



ganho às médias: $K = -g_{mB} R_o = -20,9 \text{ V/V}$. Aplicando o P. Miller a C_{gdB} , a constante de tempo associada à entrada de T_8 será:

$$\tau = (r_{o3} \parallel r_{o5}) (C_{gd3} + C_{gd5} + C_{gsB} + C_{gdB} (1-K)) \cong 3,17 \mu\text{s}$$

5.



$$20 \log \beta A_o = 40 \text{ dB} \Rightarrow \beta A_o = 100$$

$$20 \text{ dB} = 40 \log \frac{\omega_T}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 10 = (\omega_T / 3)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \omega_T = 3\sqrt{10} = 9,49 \text{ Mrad/s}$$

$$\phi = -\arctg \frac{\omega_T}{0,3} - \arctg \frac{\omega_T}{3} \cong -160,6^\circ \Rightarrow \phi_m \cong 19,4^\circ$$

Como margem de segurança, é razoável, mas a resposta temporal é muito má. A resposta a um degrau apresentaria oscilação com um pico inicial (overshoot) elevado, superior a 20% (correspondente a 45°).

6. Sem compensação, o 1.º pólo está mais de uma década abaixo de ω_T .

Com compensação, ficará ainda mais afastado, pelo que a sua contribuição para a fase, para $\omega = \omega_T$, será $\cong 90^\circ$. Logo, terá de ser ω_2 a contribuir com os restantes 30° , i.e.:

$$-\arctg \frac{\omega_T}{3} = -30^\circ \Rightarrow \omega_T \cong 1,73 \text{ Mrad/s}$$

$$\text{donde } \omega_1 = \frac{\omega_T}{100} = 17,3 \text{ krad/s}$$

Substituindo C_{gdB} por $C_{gdB} + C$ no esquema da alínea 4, resulta:

$$(1/17,3 \text{ k}) = 60 \text{ k} (9 \text{ p} + (2 \text{ p} + C)(1 + 20,9)) \Rightarrow C \cong 41,5 \text{ pF}$$

7. Dada a simetria, consideremos apenas o caso de V^+ . A tensão de pico nos terminais do condensador será: $V_p = \frac{220\sqrt{2}}{19} \cdot 0,7 \cong 15,7 \text{ V}$

Admitindo, como é habitual e aceitável desde que seja $\tau \gg T$, que

a descarga do condensador se faz com corrente constante, teremos:

$$v_c = -\frac{1}{C} \int i dt = -\frac{I}{C} t + Cte. \quad \text{com } v_c \cong 15,7V \text{ para } t=0$$

$$\text{logo } v_c = 15,7 - \frac{I}{C} t$$

No fim da descarga, para $t \cong T = 20ms$ e como $I = I_6 + I_1 + I_7 = 6mA$ resulta

$$v_c = 15,7 - V_r = 15,7 - \frac{6m \times 20m}{100\mu} \Rightarrow V_r \cong 1,2V$$

Finalmente:

