Resolução (compacta):

1. $30 = -V_{GS6} + 18k \cdot I_6 \rightarrow I_6 = \frac{30 + V_{GS6}}{18k} = 0{,}5(V_{GS6}+2)^2$

$\Rightarrow I_6 = 1{,}46\,mA \Rightarrow I_1 = 1{,}46\,mA \Rightarrow I_7 = 4\,I_6 = 5{,}83\,mA$

Como $I_1 = I_2 + I_3$, $I_2 = I_4$, $I_5 = I_4$ e $I_3 = I_5$ resulta

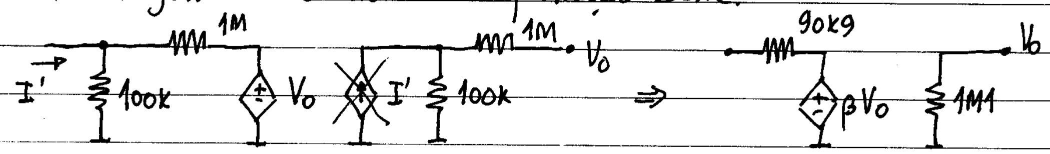
$I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = I_1/2 = 0{,}73\,mA$, ignorando o efeito de r_o.

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

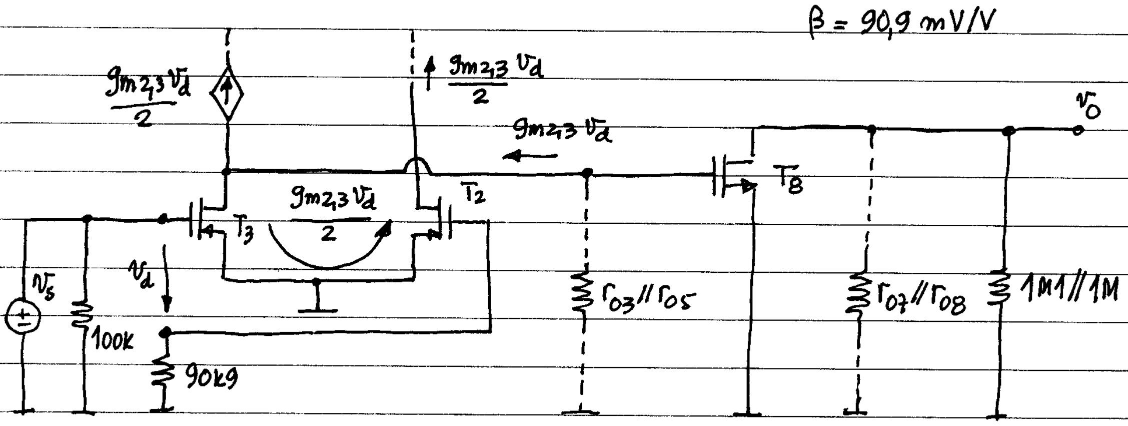
Sendo $V_{S2} \equiv V_{S3}$, então $V_{G2} = V_{G3} = 0$, logo $I_{R2} = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow I_{Rf} = 0 \Rightarrow V_0 = 0$ e $I_{RL} = 0$. Então $I_8 = I_7 = 5{,}83\,mA$.

2. Amostragem de tensão e comparação série.



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



3. $I_6 = 1\,mA \Rightarrow I_2 = I_3 = I_4 = I_5 = 0{,}5\,mA$ e $I_7 = I_8 = 4\,mA$

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

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

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

$A_8 = -g_{m8}(r_{o7} // r_{o8} // 1M1 // 1M) = -20{,}9\,V/V$ $A_{2,3} = -g_{m2,3}(r_{o3} // r_{o5}) = -60\,V/V$

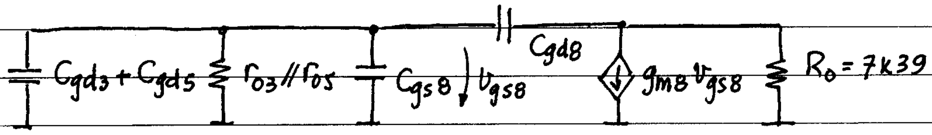
Como $R_{id} \cong \infty \Rightarrow \frac{v_d}{v_s} \cong 1$

logo $A_v = A_{2,3} \times A_8 = 1{,}25\,V/mV \Rightarrow 1 + \beta A_v \cong 115{,}1$

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

$R_o = r_{o7} // r_{o8} // 1M // 1M1 \cong 7{,}39\,k\Omega$ $R_{of} = \frac{R_o}{1+\beta A_v} \cong 64\,\Omega$

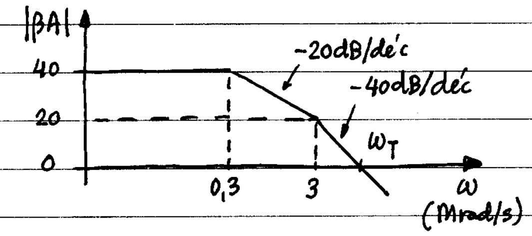
4. Admitindo, em boa aproximação, que a impedância de saída de T_5 é $r_{o5} // C_{gd5}$ e a de T_3 é $r_{o3} // C_{gd3}$, temos:



ganho às médias: $K = -g_{m8} R_o = -20{,}9$ V/V. Aplicando o T. Miller a C_{gd8}, a constante de tempo associada à entrada de T_8 será:

$$\tau = (r_{o3} // r_{o5})(C_{gd3} + C_{gd5} + C_{gs8} + C_{gd8}(1-K)) \cong 3{,}17\ \mu s$$

5.



$20 \log \beta A_0 = 40$ dB $\Rightarrow \beta A_0 = 100$

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

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

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

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

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

6. Sem compensação, o 1º 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.:

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

donde $\omega'_1 = \frac{\omega'_T}{100} = 17{,}3$ krad/s

Substituindo C_{gd8} por $C_{gd8} + C$ no esquema da alínea 4, resulta:

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

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

Admitindo, como é habitual e aceitável desde que seja $\tau >> T$, que a descarga do condensador se faz com corrente constante, teremos:

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

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

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

Finalmente: