Resolução (compacta):

1a. T_8, T_9 e T_{10} são iguais, têm a mesma corrente, logo têm a mesma tensão V_{GS}: $V_{GS} = -5/3\ V$

Então:

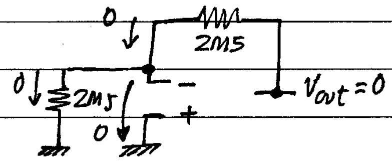
$I_D = 25\mu\left(-\frac{5}{3}+1\right)^2 = 11{,}1\,\mu A$ T_8 forma um espelho de corrente com T_5 e T_7. Como $K_5 = K_8 = 2K_7$, resulta $I_5 = 11{,}1\,\mu A$ e $I_7 = 5{,}6\,\mu A$.

Por simetria $I_1 = I_2 = I_5/2$ e como $I_3 = I_1$ e $I_4 = I_2$, temos:

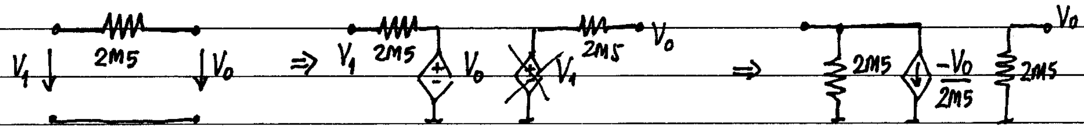
$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 5{,}6\,\mu A$.

A realimentação negativa garante $V_{out} = 0$, pelo que $I_6 = I_7 = 5{,}6\,\mu A$.

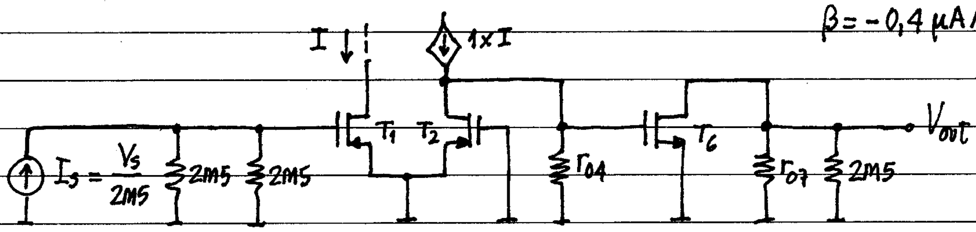
Claro, é uma aproximação, tanto melhor quanto maior for o ganho $v_{out}/(v_{in}^+ - v_{in}^-)$.



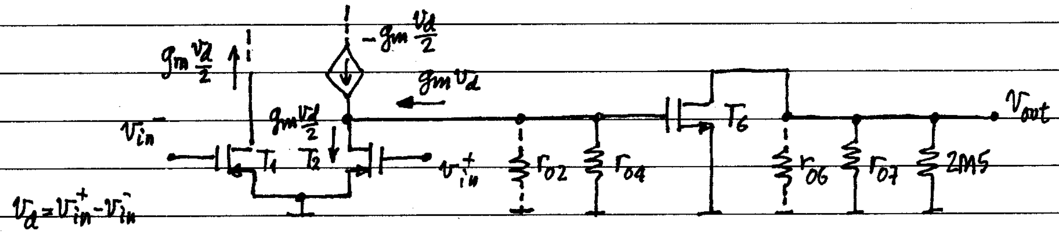
1b. Amostragem de tensão e comparação paralelo



$\beta = -0{,}4\ \mu A/V$



1c. Em modo diferencial:



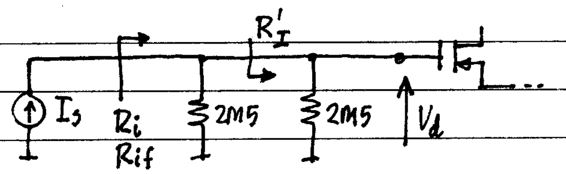
$r_{o2} = r_{o4} = r_{o6} = r_{o7} = \frac{25}{5\mu} = 5\,M\Omega$

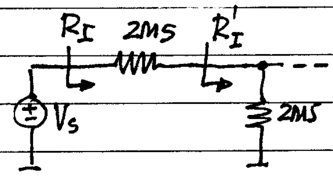
$g_m = g_{m1} = g_{m2} = g_{m6} = 2\sqrt{KI_D} \cong 22{,}4\,\mu A/V$

$\frac{v_{out}}{v_{i6}} = -g_m(r_{o6} /\!/ r_{o7} /\!/ 2M5)$

$\frac{v_{i6}}{v_d} = -g_m(r_{o2} /\!/ r_{o4}) \Rightarrow \frac{v_{out}}{v_d} = \frac{v_{out}}{v_{i6}} \cdot \frac{v_{i6}}{v_d} = 1562{,}5\ V/V$

1d.





$\beta = -0{,}4\,\mu A/V \qquad A = R_m = \frac{V_{out}}{I_s} \qquad V_d = -I_s \times 1M25$

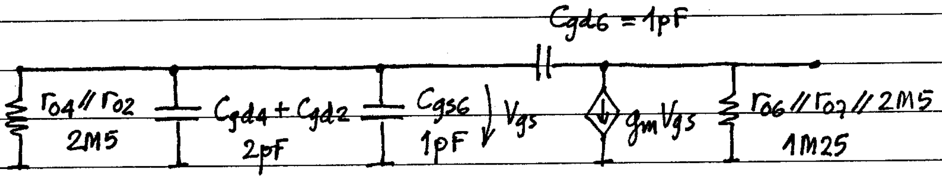
$R_m = \frac{V_{out}}{I_s} = \frac{V_{out}}{-V_d/1M25} = -1M25\,\frac{V_{out}}{V_d} = -1{,}95 \times 10^9\ V/A$

$1+\beta R_m = 782{,}25 \qquad R_i = 1M25 \Rightarrow R_{if} = \frac{R_i}{1+\beta R_m} \cong 1{,}6\ k\Omega$

$R_{if} = 2M5 \,//\, R'_I \Rightarrow R'_I \cong 1{,}6\ k\Omega \qquad R_I = 2M5 + R'_I \cong 2{,}5\ M\Omega$

$R_O \equiv R_{of} = \frac{R_o}{1+\beta R_m} \qquad R_o = 2M5 \,//\, r_{o7} \,//\, r_{o6} = 1{,}25\ M\Omega \Rightarrow R_O \cong 1{,}6\ k\Omega$

1e. T_1 tem o dreno ligado uma quase massa virtual, logo baixo ganho, portanto, pequeno efeito de Miller. T_2 tem a porta à massa, logo não tem efeito de Miller. T_6 tem ganho elevado, logo grande efeito de Miller, pois é um fonte comum. A capacidade de saída de T_2 é C_{gd} e a de T_4 também. Assim:



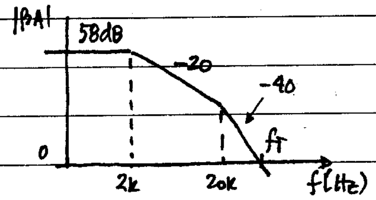
$A_v = -g_m \cdot 1M25 \cong -28$

$C_i = 2p + 1p + 1p\,(1+28) \cong 32pF \qquad \tau_i = C_i \times 2M5 \cong 80\mu s$

$C'_o = 1pF \qquad \tau'_o = C'_o \times 1M25 = 1{,}25\mu s$

$\omega_H \cong \frac{1}{\tau_i + \tau'_o} \cong 12{,}3\ krad/s \Rightarrow f_H \cong 1{,}96\ kHz$

1f. $f_1 = 2\ kHz \qquad f_2 = 20\ kHz \qquad \beta A_0 = 800 \rightarrow 58\ dB$



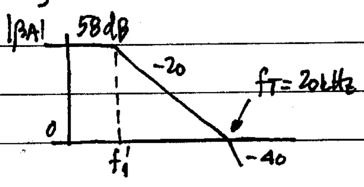
$20 \log 800 = 20 \log \frac{20}{2} + 40 \log \frac{f_T}{20k}$

$800 = 10 \times \left(\frac{f_T}{20k}\right)^2 \Rightarrow f_T \cong 179\ kHz$

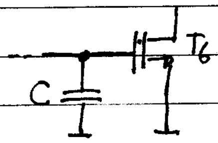
$\phi = -\operatorname{arctg} \frac{f_T}{2k} - \operatorname{arctg} \frac{f_T}{20k} \cong -173^\circ \Rightarrow \phi_M \cong 7^\circ$

Estável, mas com margem muito reduzida. Resposta temporal muito má.

1g.



$f'_1 = \frac{20k}{800} = 25\ Hz$



$\omega'_1 = 2\pi f'_1 = \frac{1}{2M5\,(C + 32p)}$

$C \cong 2{,}51\ mF$

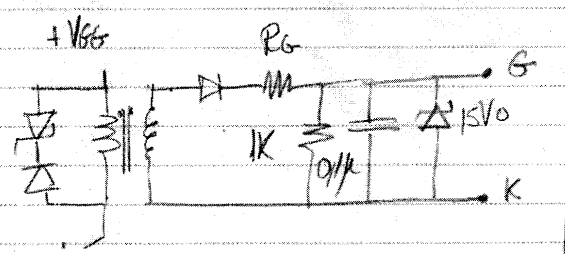
2a)

	Tensão	Corrente
Diodo	———	Fusível
Tirístor	dv/dt (AK)	Fusível di/dt (AK)
Triac	dv/dt (AK)	Fusível di/dt (AK)
BJT	———	$I_{C\,max}$ (Electrónica)
MOSFET	———	$I_{D\,max}$ (Electrónica)
IGBT	———	$I_{C\,max}$ (Electrónica)

2b)

	Diodo L	Diodo R	Tirístor	Triac	TBJ	MOS	IGBT
CC/CC		X			X	X	X
CC/CA		X			X	X	X
CA/CC	X		X				
CA/CA			X	X			

3a)

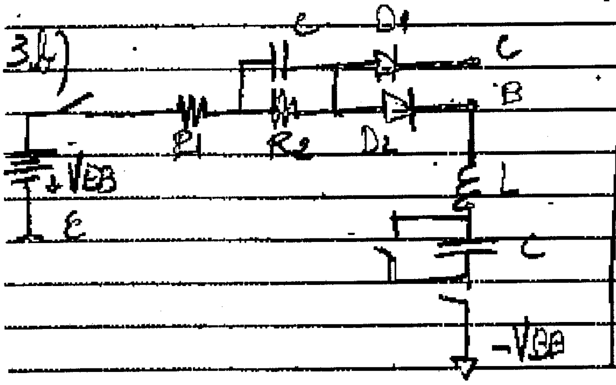


I_{GT}

V_{GT}

P_{Gav}

3b)



$I_{C\,max}$ + $I_{B\,max}$

β_f

$V_{BE\,SAT}$

t_{on}

V_{ce}

4a) Ver pp 586 do Power Electronics (Mohan) 2ª Edição

4b) $Q_G = 64\,nC$ $Q_{GS} = 12\,nC$ $Q_{GD} = 33\,nC$

Carga Necessária $\longrightarrow$ $Q_{GS} + Q_{GD} = 45\,nC$

$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ $\Delta Q = 45\,nC$ $\Delta t = 100\,ns$ $\longrightarrow$ $I = 0.45\,A$