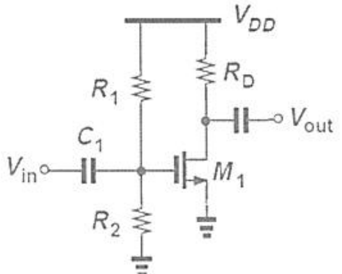
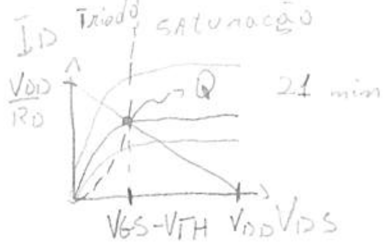
EE-530: - Eletrônica Básica I
Prova 2
Nome: GABARITO **RA:**

obs: Prova sem consulta. Pode usar calculadora. Respostas a lápis serão corrigidas, mas não aceito reclamação da correção das mesmas.

1) Dados V_{DD}=18V, $\mu_n C_{ox}$=100 $\mu A/V^2$, λ=0, V_{TH}=0,5V e W/L=10/0,18. Projete um amplificador fonte comum com ganho de tensão igual a -5 operando na fronteira tríodo-saturação.





21 min

- Fronteira $\Rightarrow V_{DS_Q} = V_{GS_Q} - V_{TH} \Rightarrow \boxed{V_{DS_Q} = V_{GS_Q} - 0,5}$ (1)

- $A_v = -g_m R_D \Rightarrow -5 = -g_m R_D \Rightarrow 5 = \underbrace{\mu_n C_{ox}}_{100.10^{-6}} \underbrace{\frac{W}{L}}_{\frac{10}{0,18}} . (V_{GS} - \underbrace{V_{TH}}_{0,5}) . R_D \Rightarrow \boxed{R_D = \frac{900}{V_{GS} - 0,5}}$ (2)

- $V_{DS} = \underbrace{V_{DD}}_{18} - R_D I_D = 18 - R_D . \frac{1}{2} \underbrace{\mu_n C_{ox}}_{100.10^{-6}} \underbrace{\frac{W}{L}}_{10/0,18} (V_{GS} - \underbrace{V_{TH}}_{0,5})^2$

$\xrightarrow{(1) \text{ e } (2)}$ $V_{GS} - 0,5 = 18 - \underbrace{\frac{900}{(\cancel{V_{GS}-0,5})} . 2,77.10^{-3}}_{2,5} (V_{GS} - 0,5)^{\cancel{2}}$

$V_{GS} . (1 + 2,5) = 18 + 0,5 - 2,5 . 0,5 \Rightarrow \boxed{V_{GS} = 5,6429 V}$

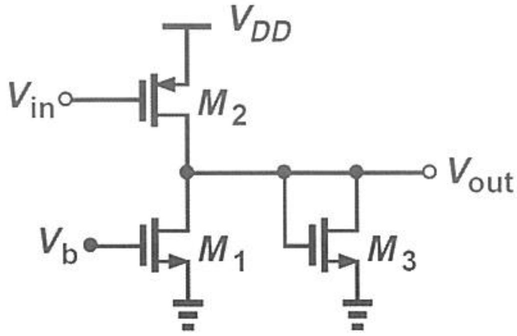
- $\boxed{I_D = 73,4694 mA}$
- $\boxed{R_D = 175 \Omega}$
- $\boxed{V_{DS} = 5,1429 V}$

- $V_{GS} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} . V_{DD} \Rightarrow 5,6429 = \frac{R_2 . 18}{R_1 + R_2} \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0,3135}$

- $Z_{in} = R_1 // R_2 = 10.10^{6} = \frac{R_1 . R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow R_1 . 0,3135 = 10.10^{6}$

$\boxed{\begin{array}{l} R_1 = 31,898 M\Omega \\ R_2 = 14,567 M\Omega \end{array}}$

2) Se λ≠0, determine o ganho e as impedâncias de entrada e saída do circuito abaixo.

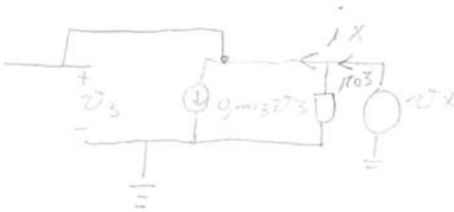


7min

• Z_{M_1}

$v_1 = \emptyset \Rightarrow g_{m1} v_1 = \emptyset \Rightarrow \boxed{Z_{M_1} = r_{o1}}$

• Z_{M3}

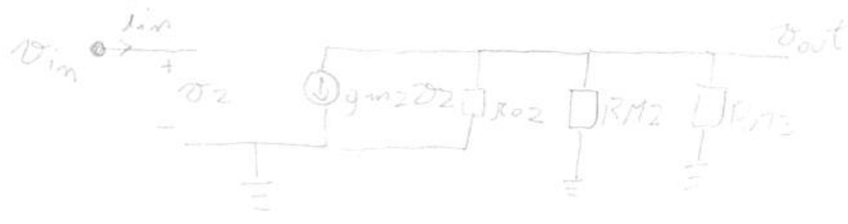


$\Rightarrow v_3 = v_X$

$i_X = g_{m3} v_3 + \frac{v_3}{r_{o3}} \Rightarrow i_X = v_3 \left(g_{m3} + \frac{1}{r_{o3}}\right)$

$\Rightarrow Z_{M3} = \frac{1}{g_{m3} + \frac{1}{r_{o3}}} \Rightarrow \boxed{Z_{M3} = r_{o3} // 1/g_{m3}}$

• A_v



• $v_{in} = v_2$

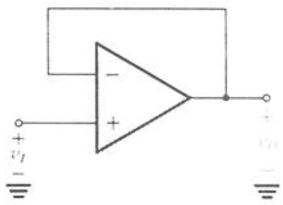
• $v_{out} = -g_{m2} v_2 \cdot r_{o2} // R_{M1} // R$

$$\boxed{A_v = -g_{m2}\left(r_{o2} // r_{o1} // r_{o3} // \frac{1}{g_{m3}}\right)}$$

• $Z_{in} \rightarrow v_{in} = v_2$, $i_{in} = \emptyset \Rightarrow Z_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} \Rightarrow Z_{in} = \infty$

• $Z_{out} \rightarrow v_{in} = v_2 = \emptyset \Rightarrow g_{m2} v_2 = \emptyset \Rightarrow \boxed{Z_{out} = r_{o2} // R_{M1} // R_{M3}}$

3) Determine o ganho de um buffer. Considere $A_0 < \infty$.



2 min

$v_o = A_0 \cdot (v_+ - v_-)$

$v_- = v_o$

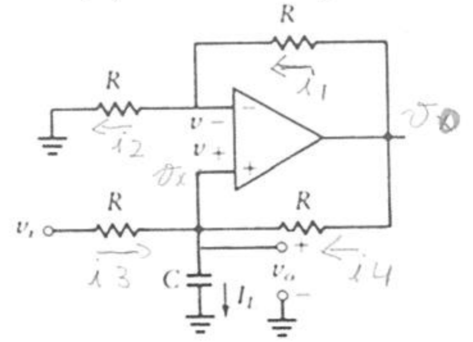
$v_+ = v_i$

$\Rightarrow v_o = A_0 (v_i - v_o)$

$v_o (1 + A_0) = A_0 v_i$

$$\boxed{A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_0}{1 + A_0} = \frac{1}{\frac{1}{A_0} + 1}}$$

4) Considere o amplificador operacional do circuito abaixo como ideal. Determine V_{out} em função de V_{in} (domínio do tempo). Dica: calcule primeiro I_L.



5 min

- $i_1 = i_2 \Rightarrow \boxed{\frac{v_x}{R} = \frac{v_o - v_x}{R}}$ (1)

- $i_L = i_3 + i_4 \Rightarrow i_L = \frac{v_i - v_x}{R} + \frac{v_o - v_x}{R} \overset{(1)}{\Rightarrow} i_L = \frac{v_i}{R} - \frac{v_x}{R} + \frac{v_x}{R}$

$$\boxed{i_L = \frac{v_i}{R}}$$

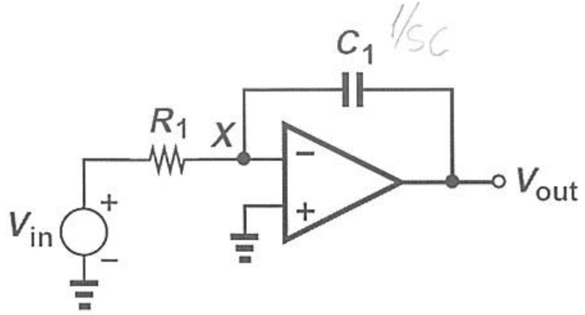
- $\boxed{V_o(s) = \frac{V_i(s)}{R} \cdot \frac{1}{sC}}$

ou

- $i_L = C\frac{d v_o(t)}{dt} \Rightarrow \frac{v_i(t)}{R} = C\frac{d v_o(t)}{dt} \Rightarrow \boxed{v_o(t) = \frac{1}{RC}\int v_i(t)\,dt}$

5) a) Determine V_{out} em função de V_{in} de um integrador inversor. Considere $A_0=\infty$.

b) Determine V_{out} em função de V_{in} de um integrador inversor. Considere $A_0<\infty$.



10min

a) $v_x = \emptyset \Rightarrow \frac{v_{in}}{R_1} = \frac{0 - v_{out}}{\frac{1}{sC}} \Rightarrow \boxed{v_{out} = -\frac{1}{sCR} \cdot v_i}$

ou

$$\boxed{\therefore v_{out}(t) = -\frac{1}{RC}\int v_i(t)\,dt}$$

b)
$$\begin{cases} \frac{v_{in} - v_x}{R} = \frac{v_x - v_{out}}{1/sC} \\ v_{out} = A_0(0 - v_x) = -A_0 v_x \end{cases} \Rightarrow \frac{1}{sC}\left(v_{in} + \frac{v_{out}}{A_0}\right) = R \cdot \left(-\frac{v_{out}}{A_0} - v_{out}\right)$$

$$\frac{1}{sCR} \cdot v_{in} + \frac{1}{sCRA_0} v_{out} = -\frac{v_{out}}{A_0} - v_{out}$$

$$-v_{out} \cdot \left(\frac{1}{A_0} + 1 + \frac{1}{A_0 sCR}\right) = \frac{v_{in}}{sCR}$$

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = -\frac{1}{sCR} \cdot \left(1 + \frac{1}{A_0 sCR} + \frac{1}{A_0}\right)^{-1}$$

$$A_v = \frac{-1}{\cancel{sCR}} \cdot \left(\frac{A_0 \cancel{sCR}}{A_0 sCR + 1 + sCR}\right)$$

$$\boxed{A_v = \frac{-A_0}{sCR \cdot (A_0 + 1) + 1}}$$