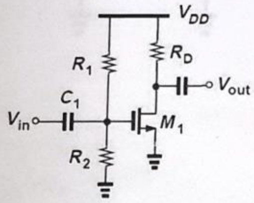
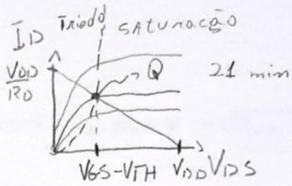
EE-530: - Eletrônica Básica I
Prova 2
Nome: GABARITO **RA:**________________

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
- $A_v = -g_m R_D \Rightarrow -5 = -g_m R_D \Rightarrow 5 = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \cdot (V_{GS} - V_{TH}) \cdot R_D \Rightarrow \boxed{R_D = \frac{900}{V_{GS}-0{,}5}}$ ②
  ($\mu_n C_{ox} \to 100 \cdot 10^{-6}$, $\frac{W}{L} \to \frac{10}{0{,}18}$, $V_{TH} \to 0{,}5$)
- $V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 18 - R_D \cdot \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{TH})^2$
  ($V_{DD} \to 18$, $\mu_n C_{ox} \to 100 \cdot 10^{-6}$, $\frac{W}{L} \to 10/0{,}18$, $V_{TH} \to 0{,}5$)

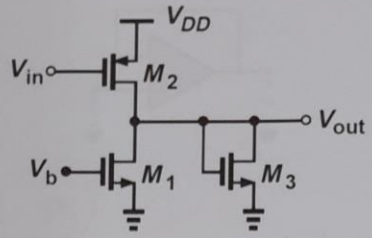
① e ② $\Rightarrow V_{GS} - 0{,}5 = 18 - \frac{900}{(V_{GS}-0{,}5)} \cdot 2{,}77 \cdot 10^{-3} (V_{GS} - 0{,}5)^2$ (com $900 \cdot 2{,}77 \cdot 10^{-3} = 2{,}5$)

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

- $\boxed{I_D = 73{,}4694 \, mA}$
- $\boxed{R_D = 175 \, \Omega}$
- $\boxed{V_{DS} = 5{,}1429 V}$
- $V_{GS} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{DD} \Rightarrow 5{,}6429 = \frac{R_2 \cdot 18}{R_1 + R_2} \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0{,}3135}$
- $Z_{in} = R_1 // R_2 \Rightarrow 10 \cdot 10^6 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{R_1 \cdot 0{,}3135 \cdot (R_1 + R_2)}{R_1 + R_2} = 10 \cdot 10^6$

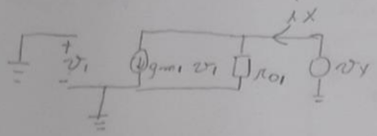
$$\boxed{\begin{aligned} R_1 &= 31{,}898 \, M\Omega \\ R_2 &= 14{,}567 \, M\Omega \end{aligned}}$$

2) Se $\lambda \neq 0$, determine o ganho e as impedâncias de entrada e saída do circuito abaixo.



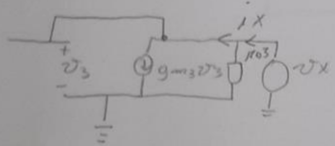
7 min

- Z_{M_1}



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

- Z_{M3}

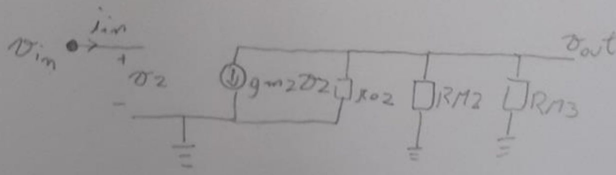


$\Rightarrow v_3 = v_x$

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

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

- A_v



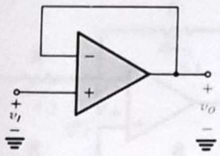
- $v_{in} = v_2$
- $v_{out} = -g_{m2} v_2 \cdot r_{o2} // R_{M_1} // R_{M3}$

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

- $Z_{in} \rightarrow v_{in} = v_2$, $i_{in} = \phi$ $\Rightarrow Z_{in} = \frac{v_{in}}{i_{in}} \Rightarrow \boxed{Z_{in} = \infty}$

- $Z_{out} \rightarrow v_{in} = v_2 = \phi \Rightarrow g_{m2} v_2 = \phi \Rightarrow \boxed{Z_{out} = r_{o2} // R_{M_1} // R_{M3}}$

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



2 min

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

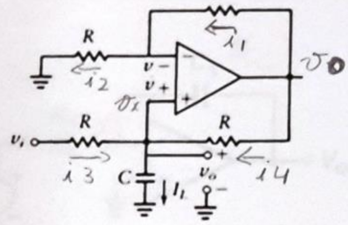
$v_- = v_o$ $\Rightarrow$ $v_o = A_o (v_i - v_o)$

$v_+ = v_i$

$v_o (1 + A_o) = A_o v_i$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = \frac{A_o}{1 + A_o} = \frac{1}{\frac{1}{A_o} + 1}$$

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

- $i_1 = i_2 \Rightarrow \boxed{\frac{v_x}{R} = \frac{v_0 - v_x}{R}}$ (1)

- $i_L = i_3 + i_4 \Rightarrow i_L = \frac{v_i - v_x}{R} + \frac{v_0 - v_x}{R} \overset{(1)}{\Rightarrow} i_L = \frac{v_i}{R} - \frac{v_x}{R} + \frac{v_x}{R}$

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

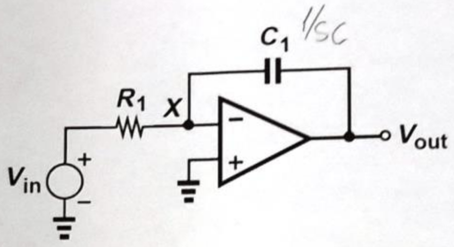
- $\boxed{V_0(s) = \frac{V_i(s)}{R} \cdot \frac{1}{sC}}$

OU

- $i_L = C\frac{d v_0(t)}{dt} \Rightarrow \frac{v_i(t)}{R} = C\frac{d v_0(t)}{dt} \Rightarrow \boxed{v_0(t) = \frac{1}{RC}\int v_i(t)\,dt}$

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 $A_0<\infty$.



10 min

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

ou

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

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

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

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

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

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

$$\boxed{A_v = \frac{-A_0}{s.C.R.(A_0+1)+1}}$$