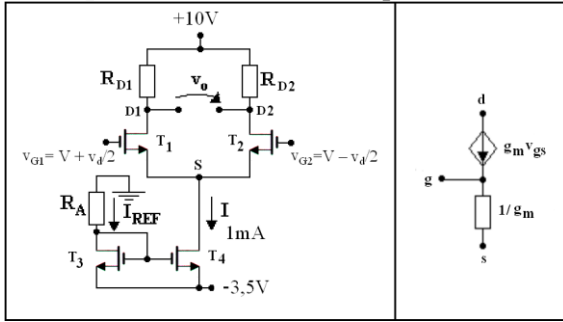


PSI3322 – ELETRÔNICA II – 2ª LISTA ADICIONAL DE EXERCÍCIOS

1) (2ª. prova 2009) Dados o amplificador diferencial MOS, o modelo para pequenos sinais e as equações abaixo:



Equações:

a) Saturação:

$$I_D = \frac{k'_n}{2} \cdot \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2 (1 + \lambda V_{DS})$$

b) Triodo:

$$I_D = k'_n \cdot \frac{W}{L} \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

c) Transcondutância

$$g_m = k'_n \cdot \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)$$

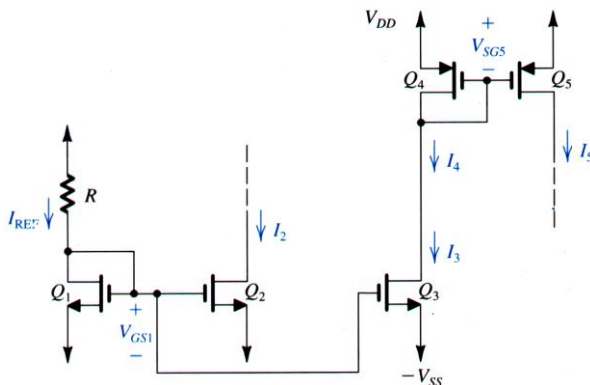
d) Resistência de saída

$$r_o = \frac{|V_A|}{I_D} = \frac{1}{\lambda I_D}$$

Sabendo-se que $R_{D1} = R_{D2} = 5k\Omega$, $I = 1mA$, os transistores T_1 e T_2 são idênticos com $\lambda = 0$, $V_t = 1V$, $k'_n = 0,2 \text{ mA/V}^2$ e $W/L = 20$ e, também, os transistores T_3 e T_4 são idênticos com $\lambda = 0$, $V_t = 1V$, $k'_n = 0,1 \text{ mA/V}^2$ e $W/L = 20$, pede-se:

- Supondo o par diferencial equilibrado e na ausência de sinal nas portas de T_1 e T_2 ($V = 0$ e $v_d = 0$), determine I_{D1} , I_{D2} , V_S , V_{D1} e V_{D2} .
- Esboce o circuito equivalente para pequenos sinais e deduza a expressão do ganho diferencial ($A_d = v_o/v_d$).
- Supondo $V_{DS3} = V_{DS4} = V_{GS3} = V_{GS4}$, determine os valores de I_{REF} e R_A .
- Supondo que apenas os transistores T_3 e T_4 apresentem $\lambda = 0,01$, determine o ganho de modo comum ($A_c = v_o/V$) e a rejeição de modo comum [$CMRR(\text{dB}) = 20\log(|A_d|/|A_c|)$] sabendo-se que os resistores R_{D1} e R_{D2} apresentam diferença entre si de 4,01%.

2) (2ª. prova 2009) Dado o circuito e as equações de corrente abaixo onde $V_{tn} = |V_{tp}| = 1V$, $k'_n = 4 k'_p = 40\mu A/V^2$, $L(\text{p/todos}) = 5\mu m$, $W_1 = 100\mu m$, $V_{DD} = 2V$, $-V_{SS} = -2V$, $\lambda = 0$,



Equações de corrente:

c) Saturação ($\lambda = 0$):

$$I_D = \frac{k'}{2} \cdot \frac{W}{L} (V_{GS} - V_t)^2$$

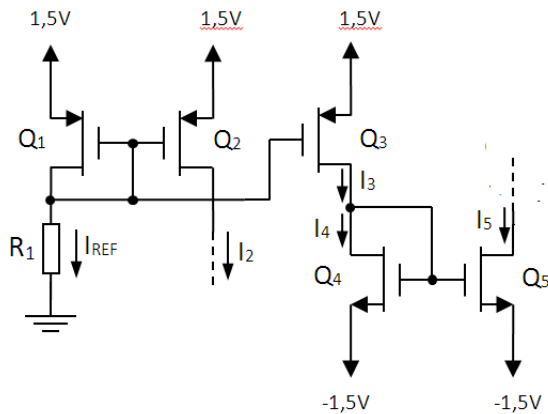
b) Triodo:

$$I_D = k' \cdot \frac{W}{L} \left[(V_{GS} - V_t) V_{DS} - \frac{V_{DS}^2}{2} \right]$$

(a) Supondo $I_{REF} = 400 \mu A$ e $W_1 = 100 \mu m$, determine W_2 para que I_2 seja 0,8 mA. Também, determine o valor mínimo de V_{D2} .

(b) Supondo $I_{REF} = 400 \mu A$, $I_3 = 1,6mA$ e $W_1 = 100 \mu m$, determine $W_3=W_4$ e W_5 para termos $I_5 = 2I_3$. Também, determine o valor máximo de V_{D5} .

3) (2ª Prova 2011) A figura abaixo apresenta um circuito guia de corrente com tecnologia CMOS. Para os TMOS tem-se $V_{GS4} = V_{SG3}$, $\mu_n C_{ox} = 200 \mu A/V^2$, $\mu_p C_{ox} = 80 \mu A/V^2$, $V_{tn} = -V_{tp} = 0,6V$ e $L_n = L_p = 0,8\mu$. Sabe-se também que $R_1 = 35 k\Omega$.

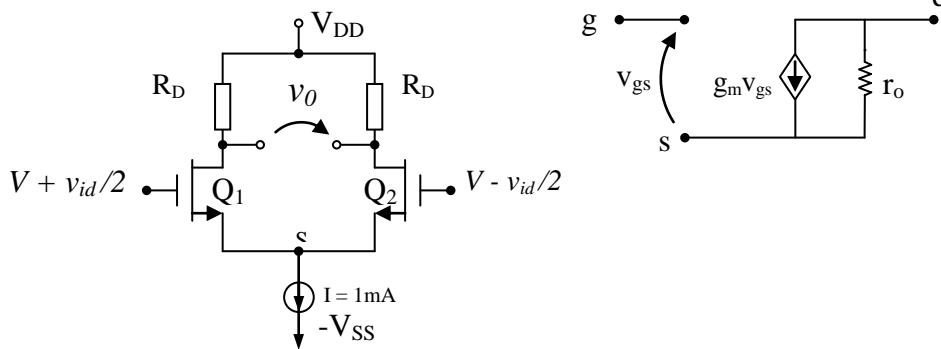


$$|V_{DS}| > |V_{GS} - V_t|$$

$$I_D = \mu \cdot \frac{C'_{ox}(W/L)}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

Projete o circuito calculando as larguras dos canais dos transistores MOS (W) considerando $I_{REF} = 20\mu A$, $I_2 = 100\mu A$, $I_3 = I_4 = 20\mu A$ e $I_5 = 500\mu A$.

4) (2ª Prova 2011) Dado o amplificador diferencial abaixo juntamente com o modelo equivalente para pequenos sinais:



Dados:

$$|V_A| = 20V$$

$$K_n' = 100 \mu A/V^2$$

$$V_t = 1V$$

$$W/L = 10$$

$$V_{DD} = 10V$$

Expressões:

$$g_m = K_n' \left(\frac{W}{L} \right) (V_{GS} - V_t)$$

$$I_D = \frac{K_n'(W/L)}{2} (V_{GS} - V_t)^2$$

$$p/ V_{DS} > V_{GS} - V_t$$

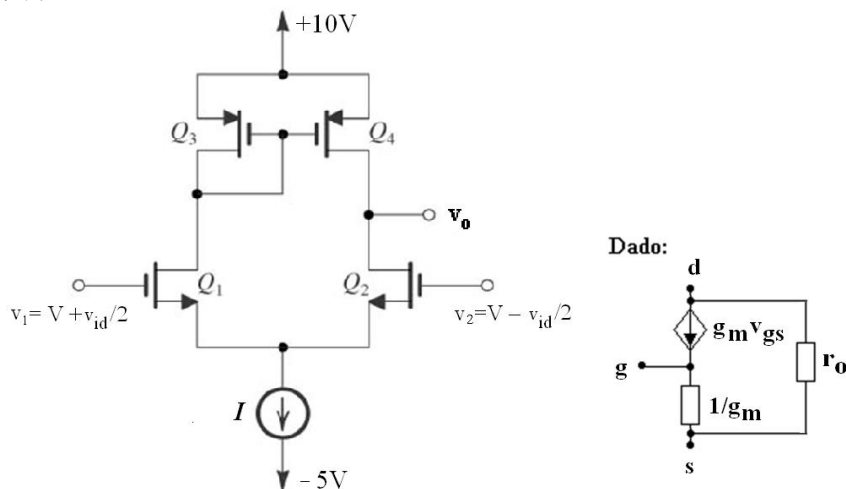
$$r_0 = \frac{V_A}{I_D}$$

(a) Determine o valor de g_m .

(b) Considerando $r_0 = \text{infinito}$, determine o valor de R_D para obtermos um ganho diferencial $A_d = v_o / v_{id}$ igual a 10 V/V.

(c) Considerando r_0 **finito** e baseado nos valores e expressões fornecidas no enunciado, determine o valor de R_D para obtermos um ganho diferencial $A_d = 10$ V/V.

5) Baseado no amplificador diferencial com carga ativa apresentado a seguir e considerando que todos os transistores têm $k'W/L = 3,2\text{mA/V}^2$ e $|V_A| = 20\text{V}$, determine a corrente de polarização I para que o ganho $A_v = v_o/v_{id}$ seja 80V/V .



6) Dado o amplificador operacional CMOS de dois estágios abaixo, pede-se:

$$\mu_N C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$$

$$\mu_P C_{ox} = 50\mu\text{A/V}^2$$

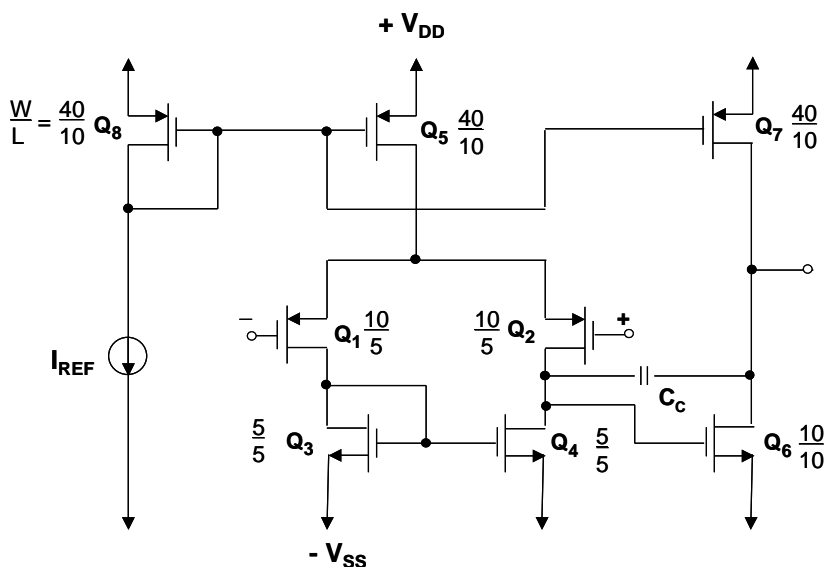
$$I_D = \frac{1}{2}(\mu C_{ox})\left(\frac{W}{L}\right)V_{ov}^2$$

$$|V_{ov}| = |V_{GS}| - |V_t|$$

$$g_m = \frac{2I_D}{|V_{ov}|}$$

$$r_o = \frac{|V_A|}{I_D}$$

$$|V_A| = 10\text{V}$$



(a) Se $I_{REF} = 100\mu\text{A}$, determine as correntes em Q_2 e Q_6 .

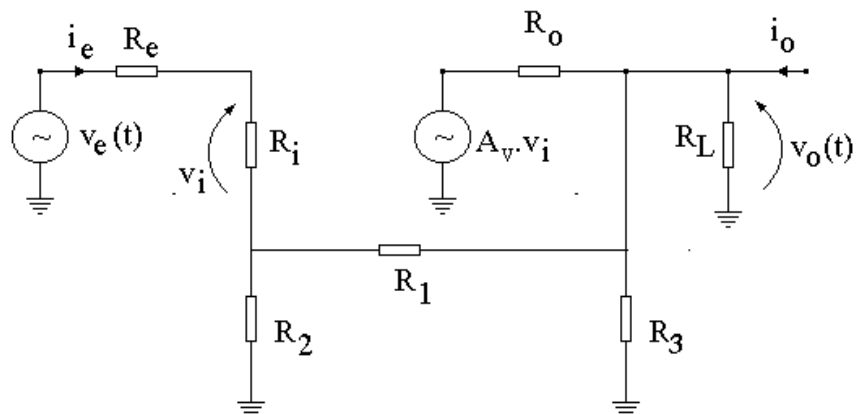
(b) Calcule as transcondutâncias em Q_2 e Q_6 .

(c) Calcule as resistências de saída devido ao efeito Early dos transistores Q_2 , Q_4 , Q_6 e Q_7 .

(d) Calcule o ganho de tensão de cada estágio (A_1 e A_2) e o ganho total do circuito (A_T).

7) Um amplificador operacional CMOS com a topologia mostrada na figura do exercício anterior tem $g_{m1} = g_{m2} = 1\text{mA/V}$, $g_{m6} = 3\text{mA/V}$, a capacitância total entre o dreno D_2 e o terra é $0,2\text{pF}$ e a capacitância total entre o nó de saída (D_8) e o terra é 3pF . Obtenha o capacitor C_C que resulte em $f_T = 50\text{MHz}$ e mostre que f_T é menor do que f_z (veja equação 7.205) e f_{P2} (veja equação 7.210), situação que proporciona ao Amp Op queda uniforme de ganho de -20dB/década até 0dB , como visto em aula.

8) Dado o circuito equivalente de pequenos sinais de um amplificador realimentado conforme mostrado na figura abaixo:



Sabendo-se que $R_1 = 100\text{k}\Omega$, $R_2 = 10\text{k}\Omega$, $R_3 = 10\text{k}\Omega$, $R_i = 5\text{k}\Omega$, $R_e = 600\ \Omega$, $R_o = 1\text{k}\Omega$, $R_L = 10\text{k}\Omega$, $A_v = 150$, pede-se:

- Determine o valor de " β ".
- Determine o ganho total realimentado ($A_R = v_o/v_e$).
- Determine a resistência de entrada do circuito realimentado ($R_{eR} = v_e/i_e$).
- Determine a resistência de saída do circuito realimentado ($R_{sR} = v_o/i_o$ para $v_e = 0$).