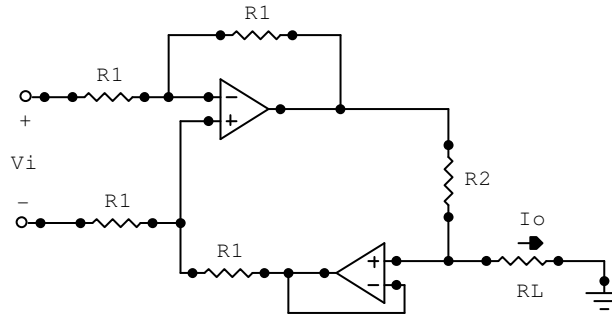


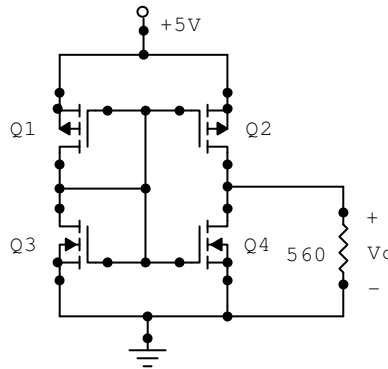
**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica**

**Eletrônica Básica – EEL 5346**  
**Recuperação – 2014/1 (23/07/2014)**

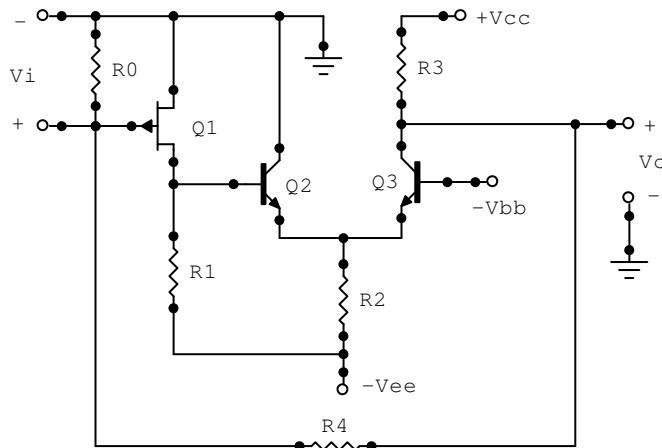
**Questão 1:** [3,0 pontos] Determine o valor da corrente  $I_o$  em função da tensão  $V_i$  e dos parâmetros do circuito. Assuma que os amplificadores operacionais são reais.



**Questão 2:** [3,0 pontos] Determine a tensão  $V_o$  do circuito a seguir, assumindo que todos os transistores operam na região de saturação. Dados:  $V_{Tn}=1V$ ,  $V_{Tp}=-1V$ ,  $k_n'=40\mu$ ,  $k_p'=10\mu$ ,  $(W/L)_{Q1}=(W/L)_{Q2}=(W/L)_{Q3}=100$ ,  $(W/L)_{Q4}=50$ ,  $V_A \rightarrow \infty$ .

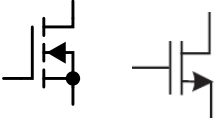
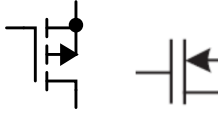
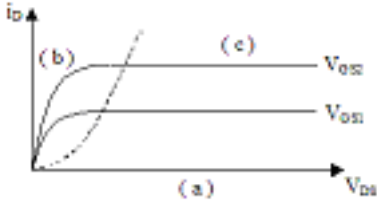
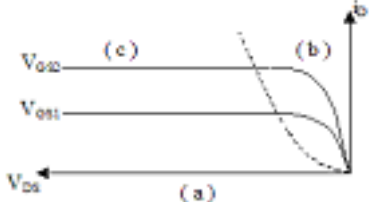


**Questão 3:** [4,0 pontos] Dado o circuito a seguir, determine literalmente  $A_v=v_o/v_i$ . Assuma que:  $V_A \rightarrow \infty$ ; os parâmetros de pequenos sinais dos transistores são conhecidos; por simplicidade  $g_{m1}=g_{m2}=g_{m3}$  e  $r_{\pi1}=r_{\pi2}$ ; as fontes  $V_{bb}$ ,  $V_{cc}$  e  $V_{ee}$  são contínuas e o sinal no circuito indica respectiva a polaridade;  $V_i$  é uma fonte de tensão alternada com tensão de pico muito menor que as demais fontes contínuas. Obs.: para evitar que as equações intermediárias fiquem grandes utilize variáveis auxiliares que sejam função apenas dos parâmetros do circuito.

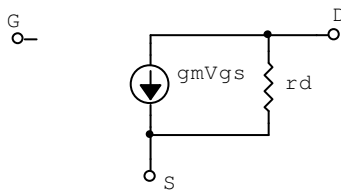


## FORMULÁRIO

- MOSFET reforço (enriquecimento, acumulação, intensificação):

NMOS	Equações	PMOS
 $V_T > 0 \quad V_{DS} > 0$	$K = k'_n \left( \frac{W}{L} \right)$ $k'_n = \mu_n C_{ox}, \lambda = 1/V_A$	 $V_T < 0 \quad V_{DS} \leq 0$
$V_{GS} < V_T$	(a) Região de Corte $I_D = 0$	$V_{GS} \geq V_T$
$\begin{cases} V_{GS} \geq V_T \\ V_{DS} < V_{GS} - V_T \\ V_{GD} \geq V_T \end{cases}$	(b) Região de Triodo $I_D = K \left[ (V_{GS} - V_T) V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right]$	$\begin{cases} V_{GS} \leq V_T \\ V_{DS} > V_{GS} - V_T \\ V_{GD} \leq V_T \end{cases}$
$\begin{cases} V_{GS} \geq V_T \\ V_{DS} \geq V_{GS} - V_T \\ V_{GD} \leq V_T \end{cases}$	(c) Região de Saturação $I_D = \frac{K}{2} (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda V_{DS})$	$\begin{cases} V_{GS} \leq V_T \\ V_{DS} \leq V_{GS} - V_T \\ V_{GD} \geq V_T \end{cases}$
		

- Modelo de pequenos sinais do MOSFET reforço:  $r_d = V_A / I_D$ ;  $g_m = K \cdot (V_{GS} - V_T)$



- Modelo de pequenos sinais para o transistor NPN:

$$g_m = I_{CQ} / v_T; \quad r_\pi = \beta / g_m; \quad r_o = V_A / I_C; \quad v_T = 25 \text{ mV}$$

