

2do PARCIAL DE ELECTRONICA 1**25/07/03**

50704655

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es **sin** material.

Los puntos indicados son sobre un total de 100.

PROBLEMA 1 (25 puntos)

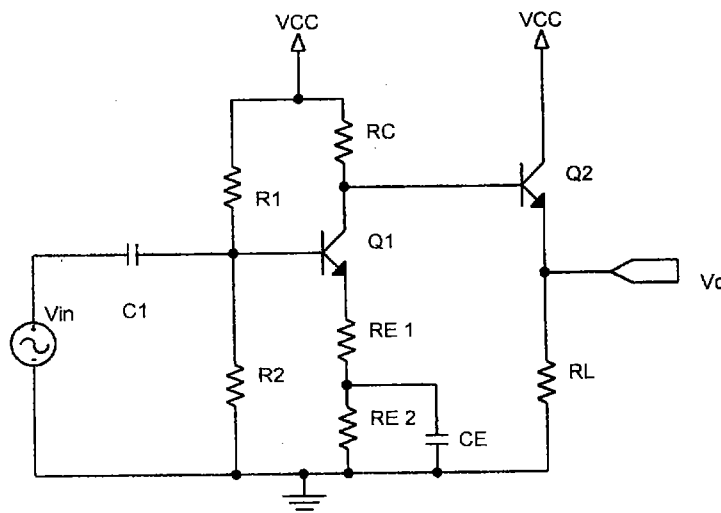
Para el circuito de la figura calcular:

- Corriente DC por los transistores.
- Ganancia a frecuencias medias.
- Excursión a la salida.

Datos: $R1=1K$, $R2=820\Omega$, $RC=4K7$, $RE1=330\Omega$, $RE2=3K9$ y $RL=3K3$

$C1=CE=47\mu F$, $VCC=12V$,

Todos los transistores son iguales con $V_{BE}=0.7V$, $V_{CEsat}=0.3V$, $V_A=150V$ y $\beta=150$.

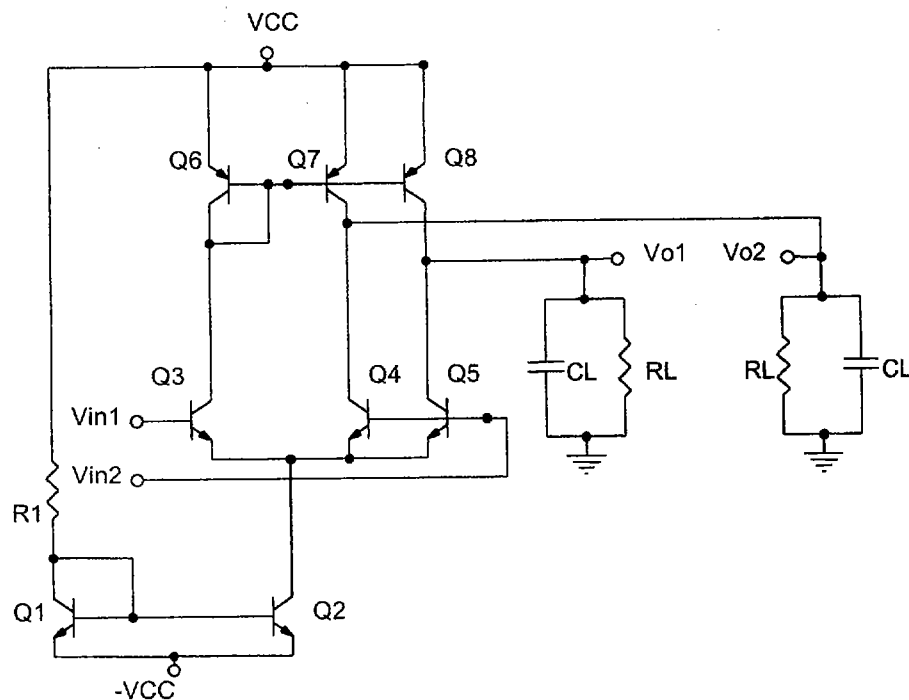


PROBLEMA 2 (30 puntos)

El circuito de la figura amplifica las señal de entrada diferencial $V_{in1}-V_{in2}$ y da el resultado en dos salidas separadas V_{o1} y V_{o2} .

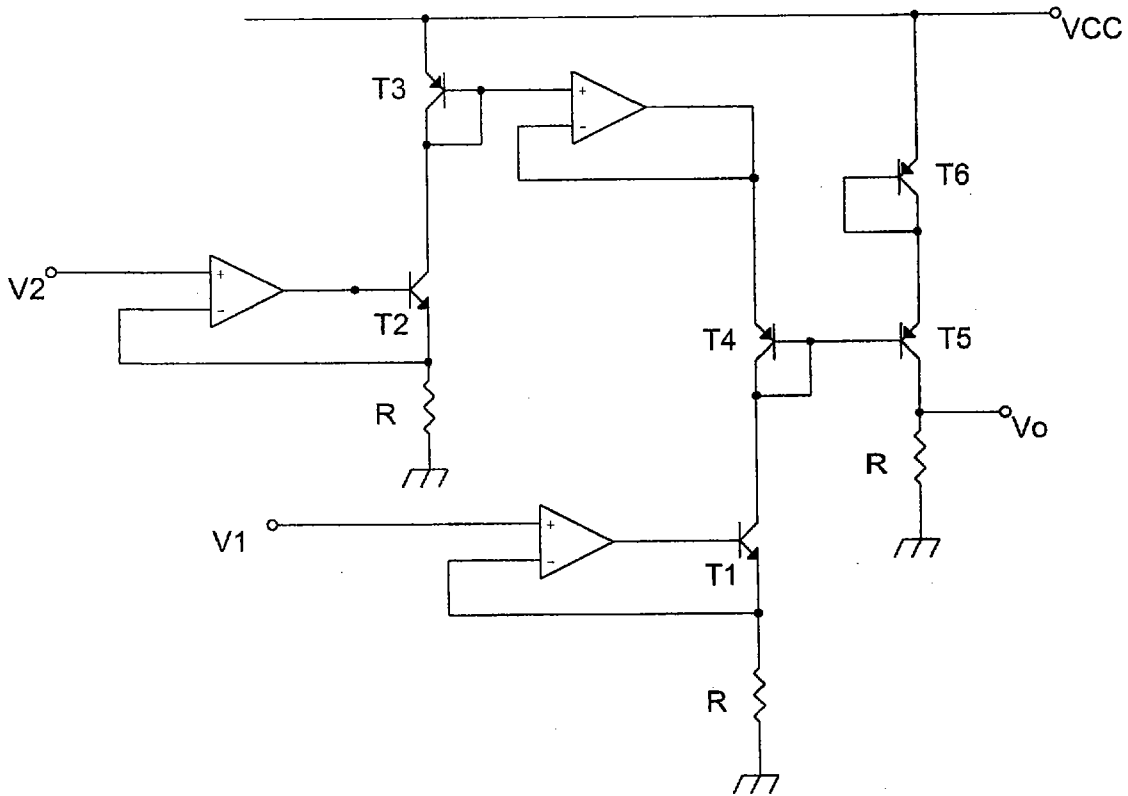
- Calcular la corriente en reposo por todos los transistores.
- Calcular las ganancias $V_{o1}/(V_{in1}-V_{in2})$ y $V_{o2}/(V_{in1}-V_{in2})$.
- Calcular el Slew Rate en las salidas V_{o1} y V_{o2} para un escalón positivo y para un escalón negativo aplicado a la entrada.
- ¿ Responde el circuito a señales en modo común en las entradas V_{in1} , V_{in2} ? Justifique su respuesta.

NOTA : Todos los transistores son idénticos con $\beta \gg 1$ y el voltaje de Early se considerará infinito para todas las partes del problema.



PROBLEMA 3 (25 puntos)

El circuito de la figura implementa una función de V_1 y V_2 , independiente de los parámetros del transistor. Determinar esta función y qué condición tienen que cumplir V_1 y V_2 para que la función sea efectivamente independiente de los parámetros del transistor. La tensión de alimentación V_{CC} es suficientemente alta de modo que ningún transistor sature, los transistores tienen $\beta \gg 1$ y los operacionales son ideales.



PROBLEMA 4 (20 puntos)

El circuito de la figura tiene como entrada V_i , la onda cuadrada indicada.

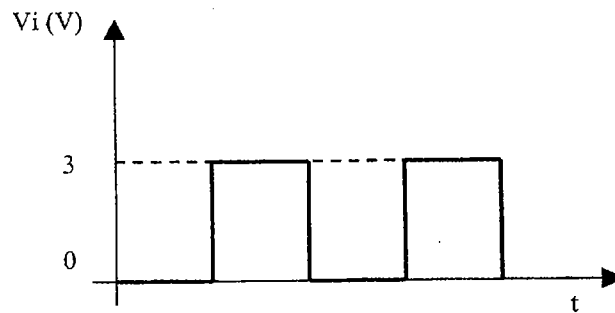
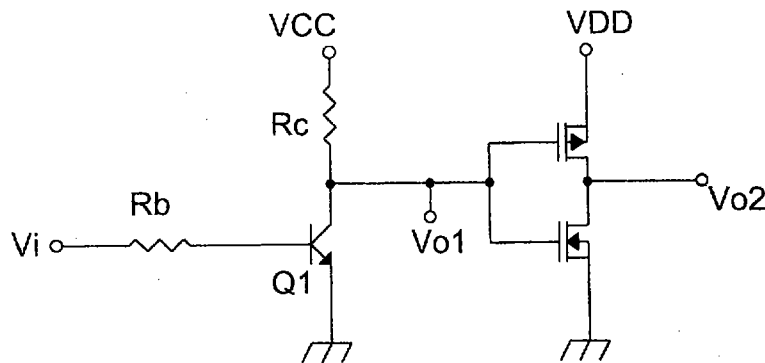
- Diseñar R_B de modo de maximizar la diferencia entre los niveles lógicos 0 y 1 en V_{o1} .
- Dibujar la ondas en V_{o1} y V_{o2} , indicando los niveles de tensión en cada caso, justificando los valores indicados.

Datos: BJT: $\beta=100$, $V_{BE}=0.7V$, $V_{CESAT}=0.3V$;

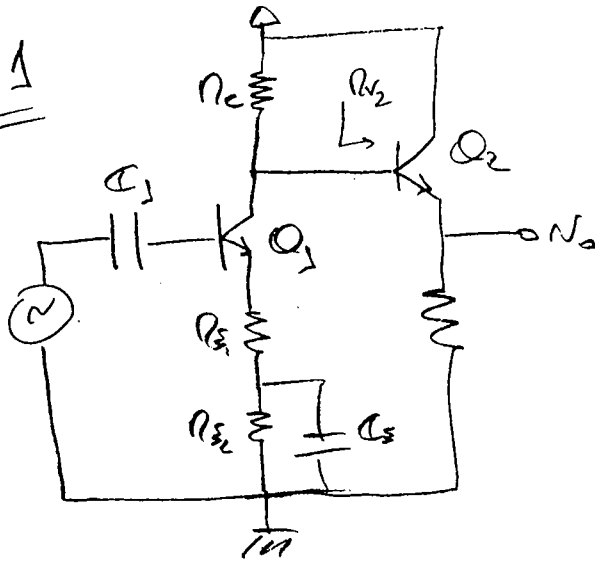
transistores MOS: $V_{tn}=|V_{tp}|=0.9V$, $\beta_n=\beta_p=100\mu A/V^2$, $\delta_n=\delta_p=0$;

$R_C=4.7K$;

$V_{CC}=V_{DD}=5V$.



2^o parc 121 k 31
25/07/2003



(a) $\text{sup } I_{B1} \ll I_{E2} \Rightarrow V_{B1} = V_{CC} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 5,4 \text{ V}$

$\Rightarrow V_{E1} = V_{B1} - V_{BE} = 4,7 \text{ V} \Rightarrow I_{E1} \approx I_{C1} = 1,1 \text{ mA}$

$I_{E2} = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} = 66 \text{ mA} \rightarrow \checkmark$ Brien for precision I_{B1}
 $I_{B1} = \frac{I_{C1}}{\beta} = 7,4 \mu\text{A}$

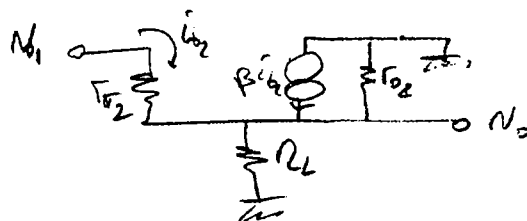
$\text{sup } I_{B2} \ll I_{C1} \Rightarrow V_{C1} = V_{CC} - R_C I_{C1} = 6,83 \text{ V} \Rightarrow V_{B2} = 6,53 \text{ V}$

$\Rightarrow I_{E2} \approx I_{C2} = 1,85 \text{ mA}$ $I_{B2} = \frac{I_{C2}}{\beta} = 12,4 \mu\text{A}$

\checkmark de for precision I_{B2}

(b) req. signal: $r_{\pi} = \frac{\beta V_T}{I_C} = \begin{cases} r_{\pi 1} = 3,55 \text{ k}\Omega \\ r_{\pi 2} = 2,15 \text{ k}\Omega \end{cases}$
 $r_o = \frac{V_A}{I_C} = \begin{cases} r_{o1} = 136,4 \text{ k}\Omega \\ r_{o2} = 83,1 \text{ k}\Omega \end{cases}$

\rightarrow 2^{ts} etaps



$N_o = (\beta + 1) i_{b2} \cdot r_{o2} \parallel R_L \approx (\beta + 1) i_{b2} R_L$

$i_{b2} = \frac{N_{o1} - N_o}{r_{\pi 2}} \Rightarrow N_o = \left(\frac{\beta + 1}{r_{\pi 2}} \right) (N_{o1} - N_o) R_L = 3 \text{ mA}$

2do parcial
26/07/2003

$$N_o (1 + \beta m_2 R_L) = \beta m_2 R_L N_{o1}$$

$$\rightarrow \left| \frac{N_o}{N_{o1}} = \frac{\beta m_2 R_L}{1 + \beta m_2 R_L} \approx 1 \right.$$

$$\beta m_2 R_L = 239,3 \gg 1$$

R_{V2} : R_V de la base de un transistor bipolar:

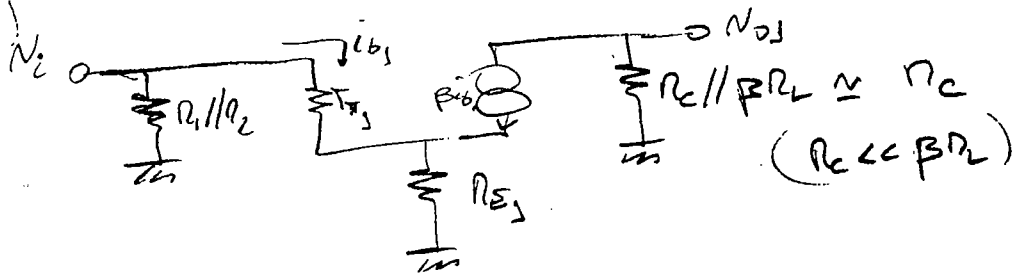
$$R_V = r_{\pi} + (\beta + 1) R_E \rightarrow R_{V2} = r_{\pi 2} + (\beta + 1) R_L$$

$$\left. \begin{array}{l} (\beta + 1) R_L \gg r_{\pi 2} \\ \beta \gg 1 \end{array} \right\} \rightarrow R_{V2} = \beta R_L$$

1ª etapa

a freq. medias tanto las ω como ω son infinitos:

T_{o1} es despreciable



$$\frac{N_{o1}}{N_{i1}} = - \frac{\beta R_C}{r_{\pi 1} + (\beta + 1) R_{E1}}$$

$$\rightarrow \frac{N_{o1}}{N_{i1}} \approx - \frac{R_C}{R_{E1}} = - 19,24$$

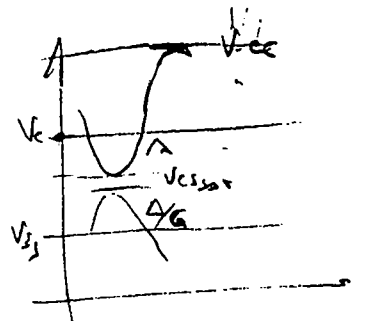
$$r_{\pi 1} \ll (\beta + 1) R_{E1}$$

\Rightarrow GANANCIA TOTAL \approx $\left. \begin{array}{l} \frac{N_o}{N_i} = - \frac{R_C}{R_{E1}} \times 1 = - \frac{R_C}{R_{E1}} \\ \rightarrow \frac{N_o}{N_i} = - 19,24 \end{array} \right\}$

(c)

$x' Q_2$: x' lim sup.: $V_{CC} - V_{CESAT} - V_{E2} = 5,57 \text{ V}$
 x' lim inf.: $V_{E2} = 6,13$

$x' Q_1$: lim sup.: $V_{CC} - V_{C3} = 5,17 \text{ V}$
 lim inf.: $(V_{C3} - A) - (V_{E3} + \frac{A}{\beta}) > V_{CESAT}$
 $\Rightarrow A = (V_{C3} - V_{E3} - V_{CESAT}) \frac{\beta + 1}{\beta}$
 $A = 1,96 \text{ V}$



$$I_{C1} = \frac{V_{CC} - (-V_{CC} + V_{BE})}{R_1} = \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_1}$$

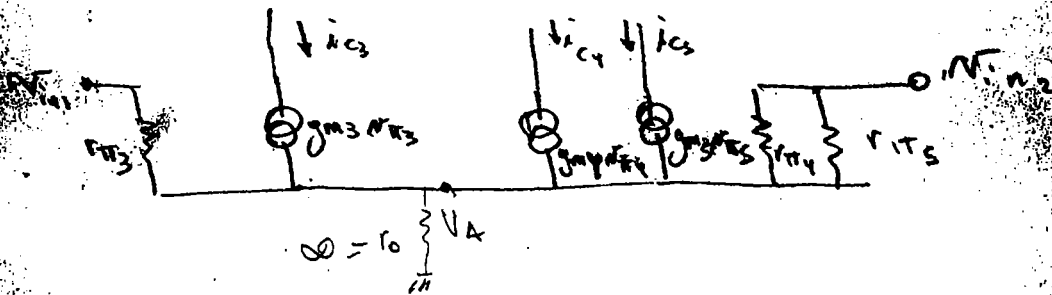
$$I_{C1} = I_{C2}$$

DC $V_{BE3} = V_{BE4} = V_{BE5} \Rightarrow I_{C3} = I_{C4} = I_{C5}$

$$I_{C3} + I_{C4} + I_{C5} = I_{C2} \Rightarrow I_{C3} = I_{C4} = I_{C5} = \frac{I_{C2}}{3}$$

$$V_{BE6} = V_{BE7} = V_{BE8} \Rightarrow I_{C6} = I_{C7} = I_{C8} \quad (ii)$$

$$I_{C6} = I_{C7} = I_{C8} = \frac{I_{C2}}{3} \Rightarrow I_{C7} = I_{C8} = \frac{I_{C2}}{3}$$



$$(v_{in1} - V_A) \left(\frac{1}{r_{\pi3}} + g_{m3} \right) + (v_{in2} - V_A) \left(\frac{1}{r_{\pi4}} + \frac{1}{r_{\pi5}} + g_{m4} + g_{m5} \right) = 0$$

$$(v_{in1} - V_A) g_{m3} = - (v_{in2} - V_A) (g_{m4} + g_{m5})$$

$$g_{m3} = g_{m4} = g_{m5} = g_m = \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{3 R_1 \cdot V_T}$$

$$(v_{in1} - V_A) g_m = -2 g_m (v_{in2} - V_A)$$

$$v_{in1} + 2v_{in2} = 3V_A \Rightarrow V_A = \frac{v_{in1} + 2v_{in2}}{3}$$

$$\dot{i}_{C3} = g_m \cdot \left(v_{in1} - \frac{v_{in1} + 2v_{in2}}{3} \right) = g_m \cdot \frac{2}{3} (v_{in1} - v_{in2})$$

$$\dot{i}_{C3} = \dot{i}_{C4} = g_m \left(v_{in2} - \frac{(v_{in1} + 2v_{in2})}{3} \right) = -g_m \left(\frac{v_{in1} - v_{in2}}{3} \right)$$

Q_4, Q_5 Espejos de corriente

$$\Rightarrow \dot{i}_{C7} = \dot{i}_{C8} = \dot{i}_{C6} = -\dot{i}_{C3} \quad (\text{corrientes entrantes})$$

$$\dot{i}_{O1} = -\dot{i}_{C3} - \dot{i}_{C8} = \frac{g_m(v_{in1} - v_{in2})}{3} + \frac{2}{3} g_m (v_{in1} - v_{in2})$$

$$\dot{i}_{O1} = g_m (v_{in1} - v_{in2})$$

$$v_{O1} = \dot{i}_{O1} \cdot R_L \parallel C_L$$

$$\left| \frac{v_{O1}}{v_{in1} - v_{in2}} = \frac{g_m \cdot R_L}{R_L C_L s + 1} \right| \quad (\text{III})$$

$$\dot{i}_{O2} = -\dot{i}_{C4} - \dot{i}_{C7}$$

$$v_{O2} = \dot{i}_{O2} \cdot R_L \parallel C_L$$

$$\left| \frac{v_{O2}}{v_{in1} - v_{in2}} = \frac{g_m R_L}{R_L C_L s + 1} \right| \quad (\text{IV})$$

c) Escalón positivo $\Rightarrow Q_4$ y Q_5 cortados toda la corriente

$$\text{por } Q_5 \Rightarrow \dot{i}_{O1} = -\dot{i}_{C8} = -\dot{i}_{C3} = \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_1}$$

$$\dot{i}_{O2} = -\dot{i}_{C7} = \dot{i}_{C3} = \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_1}$$

$$S_{r1} = S_{r2} = \left| \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{R_1} \cdot \frac{1}{C_L} \right|$$

Escalón negativo $\Rightarrow Q_3$ cortado \Rightarrow toda la corriente se divide entre Q_4 y Q_5

$$\Rightarrow i_{O1} = -i_{C3} = -\frac{2V_{CC} - V_{BE}}{2R_1}$$

$$i_{O2} = -i_{C4} = -\frac{2V_{CC} - V_{BE}}{2R_1}$$

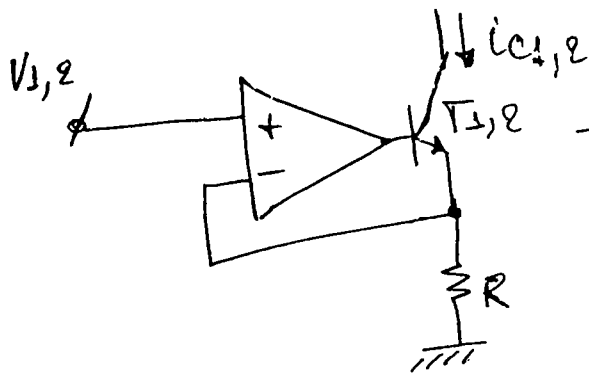
$$\Rightarrow S_{r1} = S_{r2} = \frac{2V_{CC} - V_{BE}}{2R_1} \cdot \frac{1}{C_L}$$

d) No, los resultados de (III) y (IV) se obtuvieron considerando v_{in1} y v_{in2} dos tensiones cualesquiera \Rightarrow en particular para una entrada en modo común $v_{in1} = v_{in2} \Rightarrow v_{in1} - v_{in2} = 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow v_{O1} = v_{O2} = 0$$

(III) y (IV)

PROBLEMA 3 ELECTRONICA I 2do parcial 25/7/03



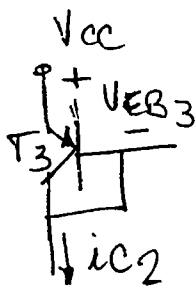
→ Conversor tensión - corriente

$$i_{C1,2} \cong i_{E1,2} = \frac{V_{1,2}}{R}$$

$\beta \gg 1$

si $V_{1,2} > 0$. (para que $T_{1,2}$ no corte) y $\frac{V_{1,2}}{R} \gg$

corrientes de fuga de $T_{1,2}$.



$$V_{EB3} = V_T \ln \frac{i_{C2}}{I_S} \quad , \quad \text{si } i_{C2} \gg I_S$$

(para despreciar $-I_S$ en ec. exponencial de zona activa).

Análogamente: $V_{EB4} = V_T \ln \frac{i_{C1}}{I_S}$ si $i_{C1} \gg I_S$

De malla en B-E de T_3, T_4, T_5 y T_6 :

$$V_{EB6} + V_{EB5} = V_{EB3} + V_{EB4}$$

$$\Rightarrow 2 V_T \ln \frac{i_{C5}}{I_S} = V_T \ln \frac{i_{C1} \cdot i_{C2}}{I_S^2}$$

→ Pues $T_5 \cong T_6$ y tienen la misma i_C , despreciando corrientes de base pues $\beta \gg 1$ y suponiendo $i_{C5} \gg I_S$. (*)

$$\Rightarrow i_{C5} = \sqrt{i_{C1} i_{C2}} \Rightarrow \boxed{V_0 = R i_{C5} = \sqrt{V_1 \cdot V_2}}$$

Condiciones para no depender de I_S :

~~cuando para~~ $\frac{V_1}{R} \gg I_S, \frac{V_2}{R} \gg I_S$ (\Rightarrow también se cumple (*) ($i_{C5} \gg I_S$))

Problema 4:

a) Para maximizar la diferencia de los niveles lógicos $Q_1 \rightarrow Q_1$ debe operar en corte y saturación.

\Rightarrow En saturación, nivel bajo V_{O1} es V_{CESAT} .

Para que Q_1 sature \Rightarrow

$$i_{C1} < \beta i_{B1}$$

$$i_{C1} = \frac{V_{CC} - V_{CESAT}}{R_C}, \quad i_{B1} = \frac{3V - V_{BE}}{R_B}$$

$$\Rightarrow R_B | i_{B1} = \frac{10 i_{C1}}{\beta}$$

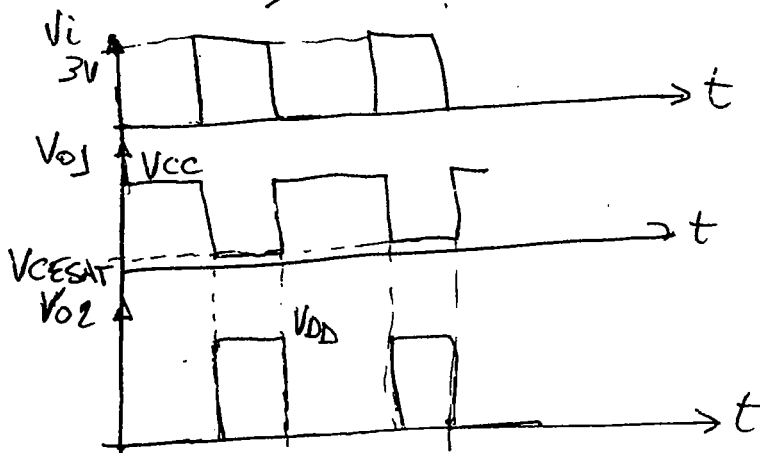
$$\Rightarrow \frac{3V - V_{BE}}{R_B} = \frac{10}{100} \cdot \frac{5 - 0.3}{4.7K}$$

$$\Rightarrow R_B = 23K \Rightarrow \boxed{R_B = 22K}$$

b) Cuando Q_1 corte $\Rightarrow V_{O1} = V_{CC} \Rightarrow V_{O2} = 0V$

Cuando Q_1 sature $\Rightarrow V_{O1} = V_{CESAT} < V_{tm}$

\Rightarrow MOS cortado $\Rightarrow V_{O2} = V_{DD} = 5V$.



Antonio Galan