

**EXAMEN DE ELECTRONICA 1**

13/09/04



50707333



Resolver cada problema en hojas separadas.  
 Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.  
 La prueba es sin material.  
 Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

**PROBLEMA 1 (37 puntos)**

a) En el circuito de la Figura 1 determinar como se reparte  $I_0$  entre  $I_{C1}$  e  $I_{C2}$ .

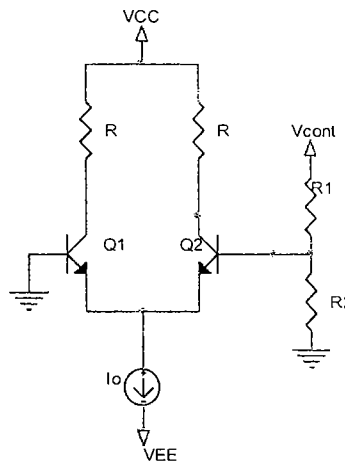


Figura 1

En el circuito de la Figura 2, las fuentes de corriente  $I_1$  e  $I_2$  son proporcionales al voltaje de entrada  $V_{in}$ , de la forma:  $I_1(t) = I_0 + i_A(t)$  e  $I_2(t) = I_0 + i_B(t)$  donde  $i_A(t) = -K.V_i(t)$  e  $i_B(t) = K.V_i(t)$  e  $I_0$  es continua. El operacional es ideal y los transistores son idénticos con  $\beta \gg 1$  y tensión de Early infinita.

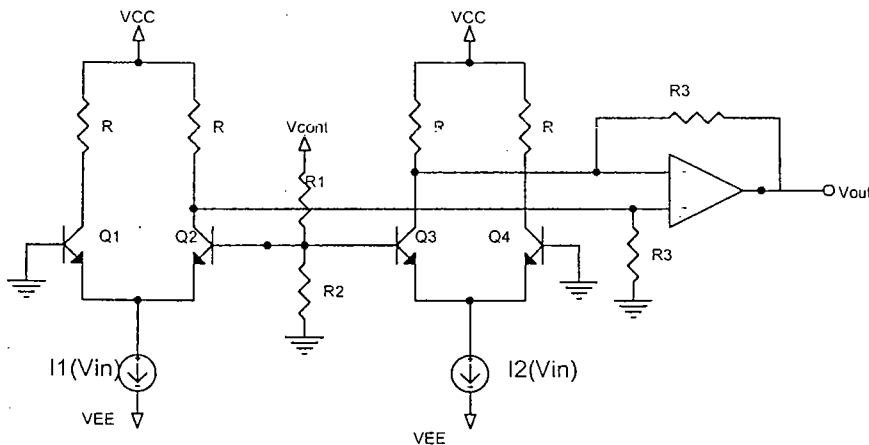


Figura 2

- b) Determinar  $V_{out}$  en función de  $V_{in}$ .
- c) Si el amplificador tiene corriente de polarización  $I_B$ , corriente de offset  $I_{OFF}$  y tensión de offset  $V_{OFF}$ , ¿cómo cambia la tensión de salida  $V_{out}$ ?

**PROBLEMA 2 (37 puntos)**

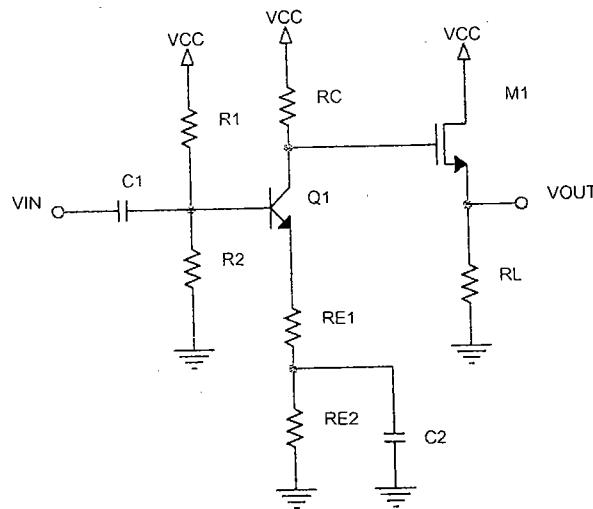
- a) Determinar qué condición debe cumplir  $R_L$  para que la ganancia se pueda considerar independiente del valor de  $R_L$ .
- b) Si  $R_L$  cumple la condición hallada en a), diseñar  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_{E1}$ ,  $R_{E2}$ ,  $C_1$  y  $C_2$  para que el amplificador tenga: ganancia a frecuencias medias de 20, frecuencia de corte inferior de 3dB a 25Hz y máxima excursión.
- c) Si  $R_L = 4.7 \text{ k}\Omega$ , ¿cuál es la tensión  $V_{OUT}$  en continua?. ¿Se cumple la condición hallada en a)?

**DATOS:**

$$V_{CC} = 15\text{V}, R_C = 6.8 \text{ k}\Omega$$

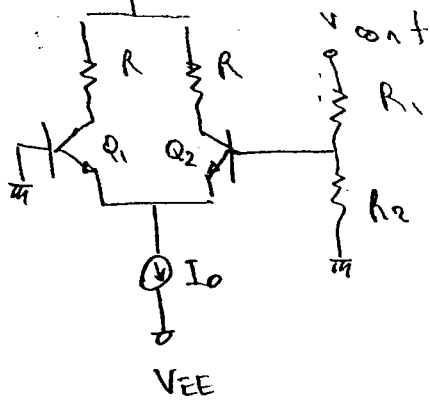
$$Q1: \beta = 200, V_{BE} = 0.7\text{V}, V_{CESAT} = 0.3\text{V}$$

$$M1: \beta = 5\text{mA/V}^2, V_{T0} = 1\text{V}, \delta = 0.$$

**PREGUNTA (26 puntos)**

Un circuito digital CMOS consume 5mW cuando opera a su máxima frecuencia admisible de 50MHz con una tensión de alimentación de 3.3V. El consumo estático se supone despreciable.

- a) Si se pasa a una tensión de alimentación de 2.5V, ¿cuál es la nueva frecuencia máxima admisible y cuál será la potencia consumida a esta frecuencia?
- b) ¿Cuánto se debe reducir la capacidad de carga del circuito para mantener la frecuencia de operación original? ¿Cuál será el consumo en este caso?



$$V_{B2} = \frac{V_{cont.} R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_{C1} + I_{C2} = I_0$$

$$I_{C1} = I_{S1} e^{V_{BE1}/V_T}$$

$$I_{C2} = I_{S2} e^{V_{BE2}/V_T}$$

$$\xrightarrow{I_{S1} = I_{S2}} \frac{I_{C2}}{I_{C1}} = e^{\frac{V_{BE2} - V_{BE1}}{V_T}} = e^{V_{B2}/V_T}$$

$$I_{C2} = I_{C1} e^{V_{B2}/V_T}$$

$$I_{C1} (1 + e^{V_{B2}/V_T}) = I_0 \Rightarrow I_{C1} = \frac{I_0}{1 + e^{V_{B2}/V_T}}$$

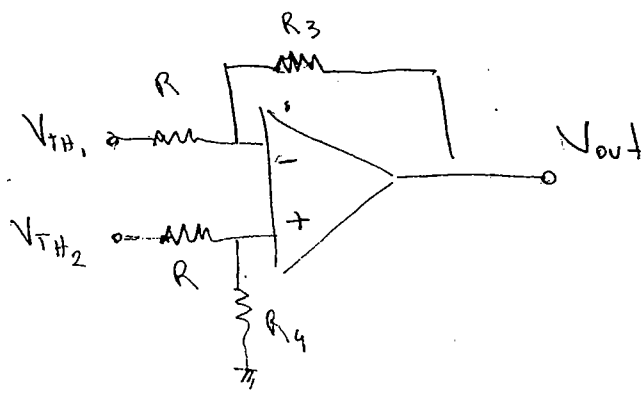
$$I_{C2} = \frac{I_0 e^{V_{B2}/V_T}}{1 + e^{V_{B2}/V_T}}$$

$$V_{THi} = V_{CC} - R \cdot I_{C2i}$$

$$R_{TH} = R$$

$$V_{TH1} = V_{CC} - R (I_0 - K V_i) M$$

$$V_{TH2} = V_{CC} - R (I_0 + K V_i) M$$



$$V_{out} = -\frac{R_3}{R} \cdot V_{TH1} + \left(1 + \frac{R_3}{R}\right) V_{TH2} \frac{R_4}{R_4 + R}$$

4/7

21

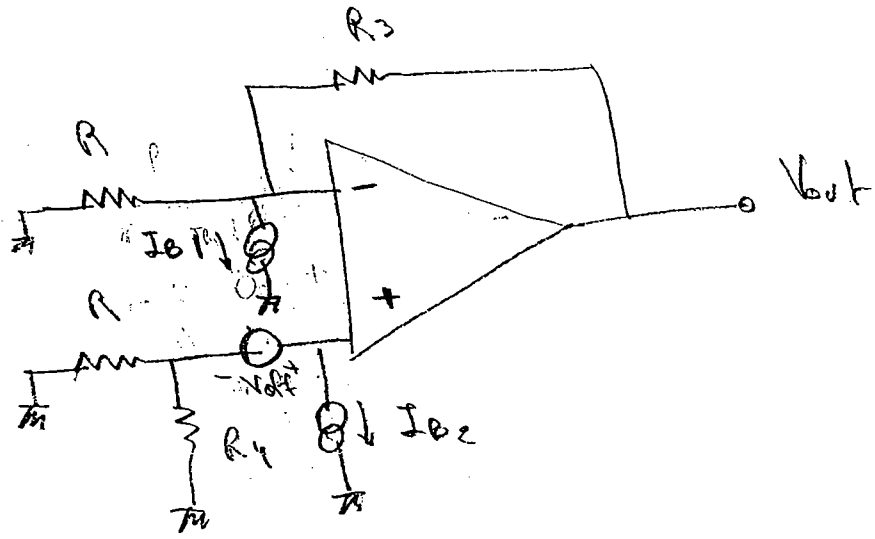
$$V_{out} = \left( V_{cc} - R I_{OH} - R K V_i M \right) \frac{R+R_3}{R+R_4} \cdot \frac{R_1}{R} - \frac{R_3}{R} V_{cc} + R_3 I_{OH} - R_3$$

Si:  $R_3 = R_4$

$$V_{out} = V_{cc} \cdot \frac{R_3}{R} - R_3 I_{OH} - R_3 K V_i M - \frac{R_3}{R} V_{cc} + R_3 I_{OH} - R_3 K V_i M$$

$$= - 2 R_3 K \cdot V_i \cdot M$$

c)

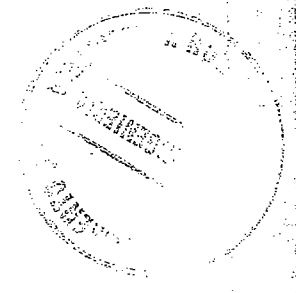
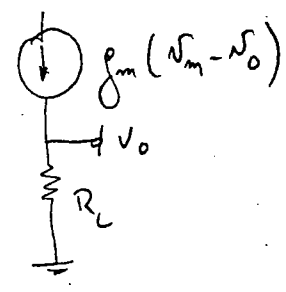
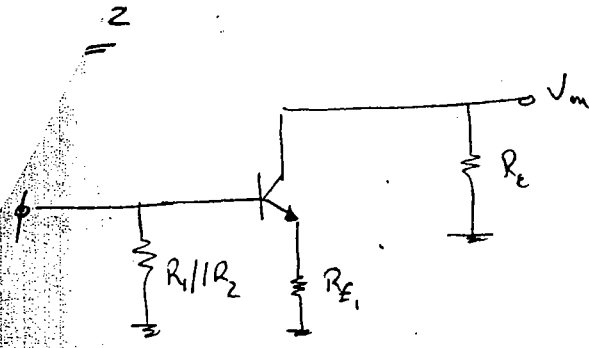


$$V_{out} = - \left( \frac{R+R_3}{R} \right) \cdot \frac{R_1 R_4}{R+R_4} \cdot I_{o2} + R_3 \cdot I_{o1} + V_{off} \cdot \left( \frac{R+R_3}{R} \right)$$

Si:  $R_3 = R_4$

$$V_{out} = R_3 I_{off} + V_{off} \cdot \left( \frac{R+R_3}{R} \right)$$

*[Signature]*  
 LINDER REYES



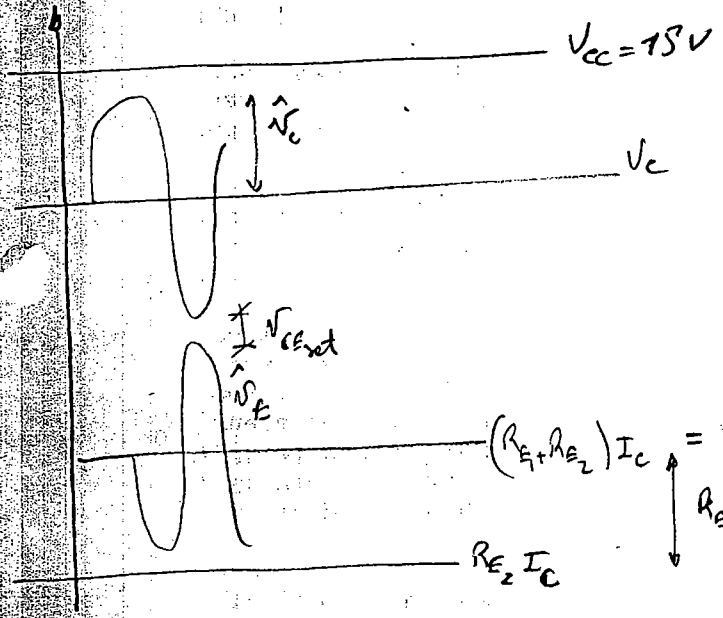
$$i_b = \frac{v_{in}}{R_1 + \beta R_{E1}} \rightarrow v_m = -R_C \beta \frac{v_{in}}{R_1 + \beta R_{E1}}$$

Por otro lado  $v_o = g_m (v_m - v_o) R_L \rightarrow \frac{v_o}{v_m} = \frac{g_m R_L}{1 + g_m R_L}$

$\rightarrow \boxed{g_m R_L \gg 1}$  no dependo de  $R_L$  y  $\frac{v_o}{v_m} \approx 1$

Exercion

Condición de máxima excursión en colector



$$\rightarrow V_C = \frac{1}{2} [15 + 2,1V] = 8,55V$$

$$\rightarrow 15 - R_C I_C = 8,59V$$

$$\Rightarrow \boxed{I_C = 0,94mA}$$

Por otro lado  $0,94mA = \frac{2,1V}{R_1 + R_{E2}} \Rightarrow R_{E1} + R_{E2} = 2234\Omega$

Assumiendo  $\beta R_{E1} \gg R_1$  and  $g_m R_L \gg 1$

$$\Rightarrow \frac{v_m}{v_{in}} = -20 = -\frac{R_C}{R_{E1}} \Rightarrow \boxed{R_{E1} = 340\Omega}$$

$$\boxed{R_{E2} = 1894\Omega}$$

$$V_B = 4V_{BE} = 2,8 = \frac{V_{CC} R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow \frac{R_1}{R_2} = 11,2$$

como  $R_1 = 11k\Omega$   
 $R_2 = 1k$

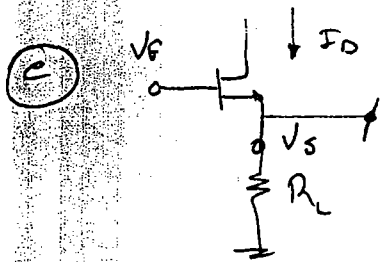
$$\frac{15}{1k + 11k} \approx 1,23mA \gg \frac{I_C}{\beta} \checkmark$$

$$f_s = \frac{1}{(R_E \parallel R_2) C_2} \rightarrow 2\pi \cdot 25 \cdot H_2 = \frac{1}{(R_E \parallel R_2) C_2} \rightarrow C_2 = 22,1 \mu F$$

" 288,25  $\Omega$

$$f_2 = \frac{1}{C_1 [R_1 \parallel R_2 \parallel \beta(R_{E1} + R_{E2})]} \rightarrow \text{tomamos decada antes antes}$$

$$2\pi \cdot 2,5 = \frac{1}{918 \Omega C_1} \rightarrow C_1 = 704 F$$



$$V_G = 8,55V$$

$$I_D = \frac{1}{2} \beta (V_G - V_{BE} - V_S)^2$$

$$\frac{V_S}{R_L} = \frac{1}{2} \beta (7,55 - V_S)^2 \rightarrow V_S = V_S =$$

$$V_S = 11,75 [57 - 15,1 V_S + V_S^2]$$

$$\rightarrow V_S^2 + 15,19 V_S + 57 = 0$$

$$V_S = \frac{-15,19 \pm \sqrt{15,19^2 - 4 \cdot 57}}{2} \rightarrow V_S = V_{out} = \frac{-15,19 \pm 1,65}{2} = 6,77V$$

$$I_D = \frac{6,77}{4,742} = 1,44mA$$

$6,77V$   
 $8,42$   
 no esta saturado

$$g_m = \frac{\beta}{1+\beta} (V_{GS} - V_T) = 5 \times 10^{-3} [8,55 - 6,77 - 1] = 3,9 \times 10^{-3}$$

1+8  
 " 0  
 momento BJT

$$\rightarrow g_m R_L = 18,33 \Rightarrow \text{se cumple la condi}$$

Problema

$$P = 5 \text{ mW}, \quad f_{\text{max}} = 50 \text{ MHz}, \quad V_{\text{DD}} = 3,3 \text{ V}$$

$$(a) \quad P \propto C_L V_{\text{DD}}^2 f \quad V_{\text{DD}(a)} = 2,5 \text{ V}$$

$$f_{\text{max}} \propto \frac{V_{\text{DD}}}{C_L}$$

$$\Rightarrow f_{(a)} = \frac{2,5}{3,3} f_{\text{max}} = 0,76 f_{\text{max}} = \underline{\underline{37,9 \text{ MHz}}}$$

$$P_{(a)} \propto C_L \left(\frac{2,5}{3,3}\right)^2 V_{\text{DD}}^2 \left(\frac{2,5}{3,3}\right) f_{\text{max}}$$

$$\Rightarrow P_{(a)} = \left(\frac{2,5}{3,3}\right)^3 P = 0,43 \times P = \underline{\underline{2,2 \text{ mW}}}$$

$$(b) \quad f_{(b)} = f_{\text{max}} \Rightarrow C_{L(b)} = \frac{2,5}{3,3} C_L = 0,76 C_L$$

$$\Rightarrow P_{(b)} \propto \left(\frac{2,5}{3,3}\right) C_L \left(\frac{2,5}{3,3}\right)^2 V_{\text{DD}}^2 f_{\text{max}}$$

$$\Rightarrow P_{(b)} = P_{(a)} = \underline{\underline{2,2 \text{ mW}}}$$