

Examen de Electrónica Avanzada 1
08/02/2023

Resolver cada problema en hojas separadas y utilizando solo una carilla de la hoja.

Duración de la prueba: 3 horas.

La prueba es **sin material** e **individual**.

Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

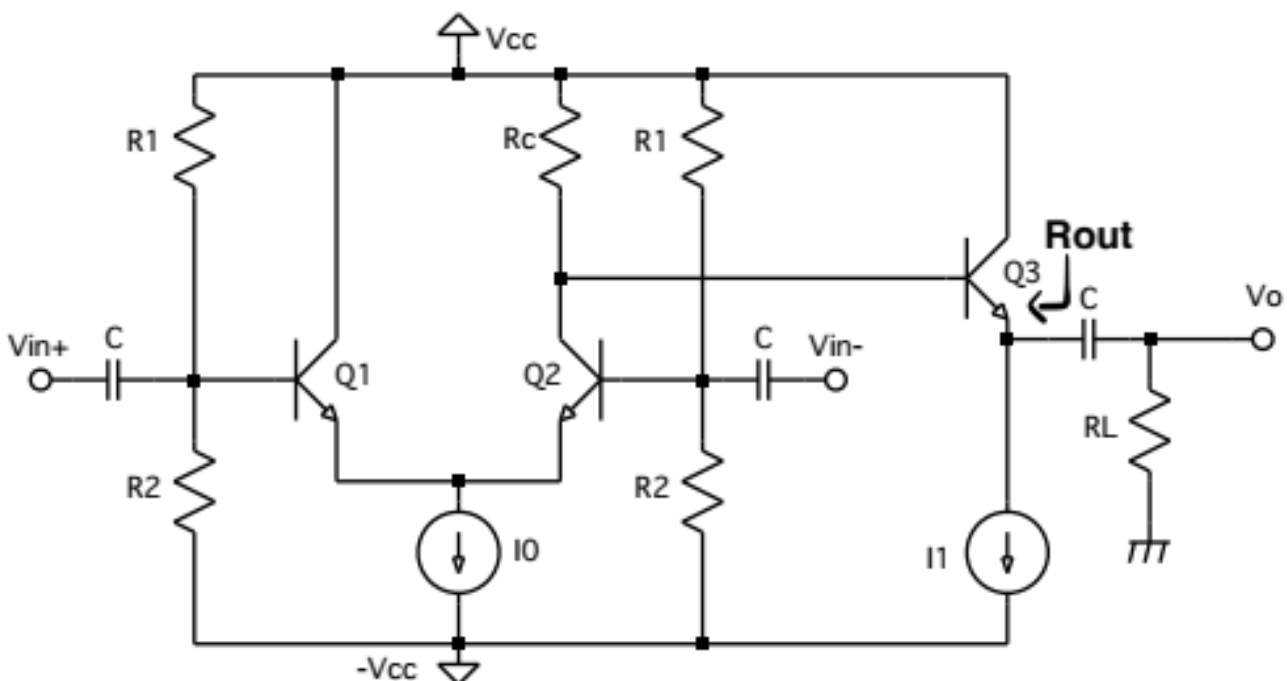
Problema 1: (36 puntos)

Considere el circuito de la figura.

- Calcule la resistencia diferencial de entrada del circuito.
- Calcule de manera literal la resistencia de salida del circuito R_{out} (resistencia vista desde el emisor de Q_3).
- ¿Cuánto debe valer I_1 para que R_{out} sea despreciable frente a R_L y la excursión simétrica a la salida sea mayor a $2V_{pico}$.
- Para el valor de I_1 calculado en la parte anterior, calcule la ganancia diferencial, ganancia en modo común y el CMRR.

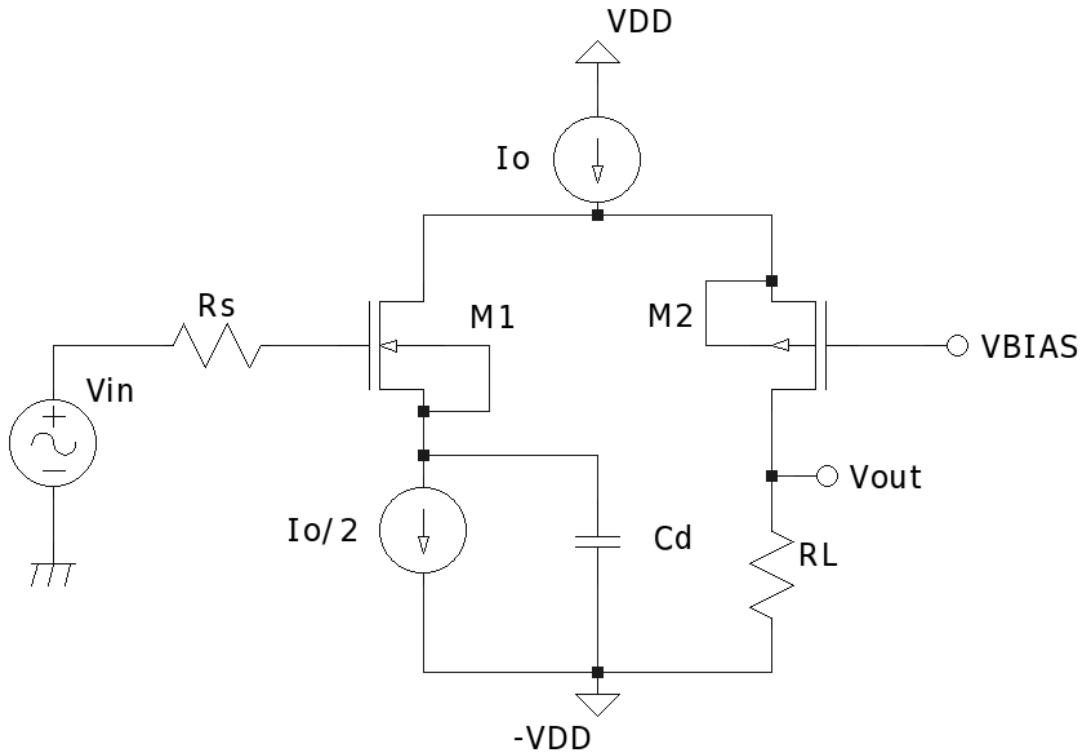
Datos:

- Fuentes de corriente
- I_0 : $I_0 = 4 \text{ mA}$, resistencia de salida $R_{out0} = 100 \text{ k}\Omega$
- I_1 : $R_{out1} = 100 \text{ k}\Omega$
- Fuente de tensión: $V_{CC} = 10 \text{ V}$
- Q_1, Q_2, Q_3 idénticos: $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$, $\beta = 100$, $V_{CEsat} = 0.3 \text{ V}$, $V_A = \infty$
- Resistencias: $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_2 = R_c = 4.7 \text{ k}\Omega$, $R_L = 680 \Omega$



Problema 2: (36 puntos)

- a) Para el amplificador de la Figura calcular la ganancia V_{out}/V_{in} a frecuencias medias.
- b) Calcular la frecuencia de corte superior.
- c) ¿Como se compara este resultado con el caso de un source común con la misma carga R_L y la misma corriente de polarización?



Datos:

$R_s = 5K\Omega$, $R_L = 4K\Omega$, $I_o = 4mA$.

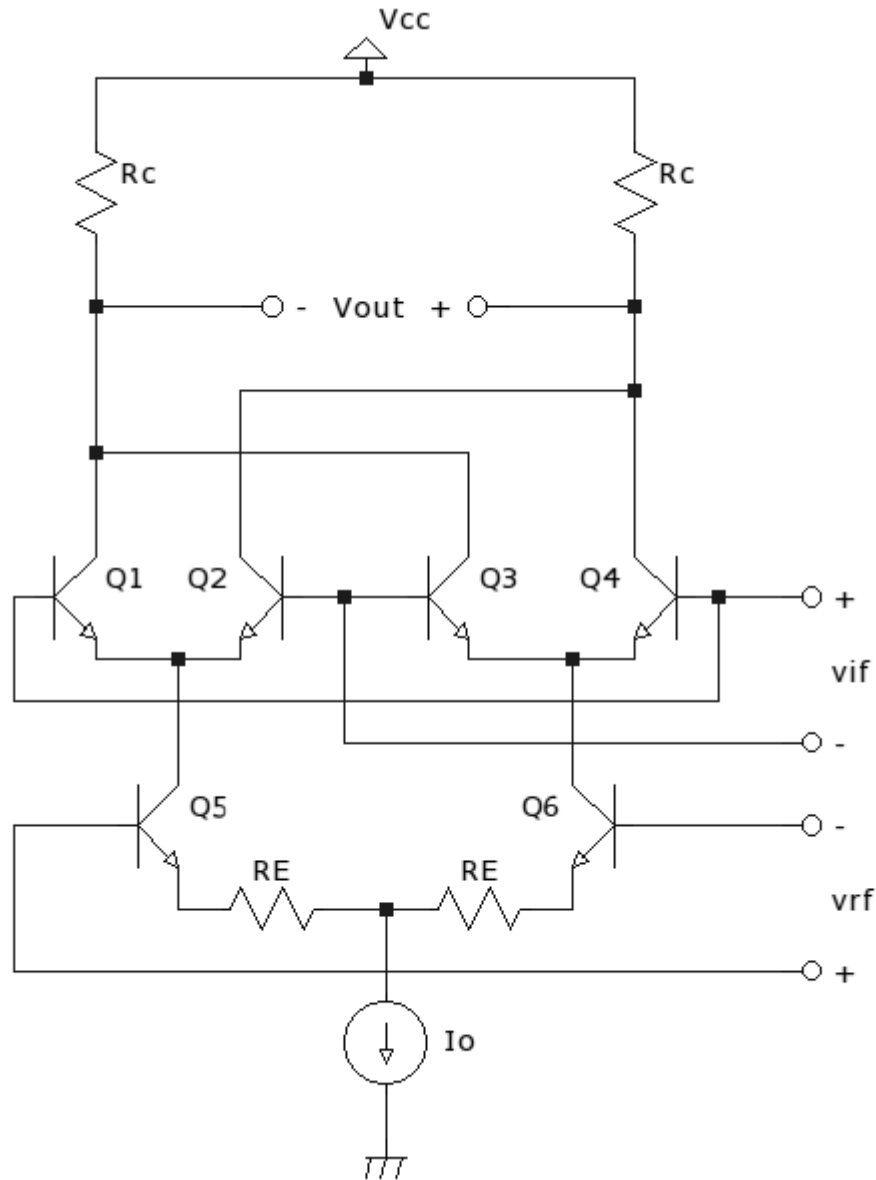
Los transistores son idénticos con: $\beta_N = \beta_P = 2 mA/V^2$, $C_{ox} = 1,9 \times 10^{-3} pF/\mu m^2$, $W = 1000 \mu m$,

$L = 2 \mu m$, $C_{gsov} = C_{gdov} = 0,5 \times 10^{-3} pF/\mu m$.

V_{DD} , V_{BIAS} y la tensión continua de V_{in} son tales que los transistores trabajan en saturación, el condensador de desacople C_d se considerará infinito.

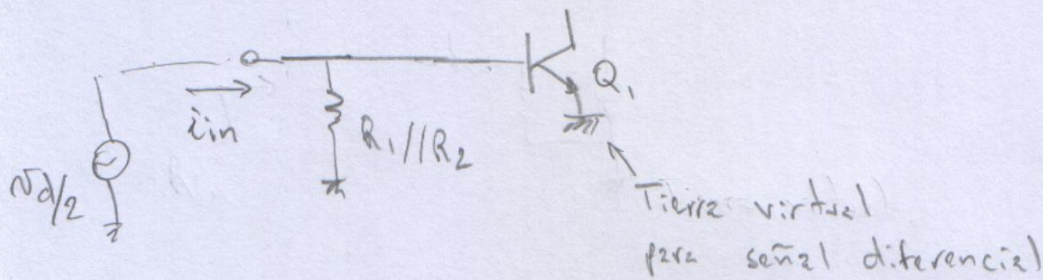
Pregunta : (28 puntos)

- a) Para el multiplicador de Gilbert de la figura explique y justifique cuál es la máxima amplitud en cada una de las entradas para que el circuito funcione correctamente como multiplicador.
- b) A los efectos de aumentar el rango hallado en la parte a) para v_{if} , ¿es posible usar resistencias de emisor R_E en los pares diferenciales implementados por Q1, Q2, Q3 y Q4? Justifique la respuesta
- c) ¿Qué circuito permitiría mejorar la máxima amplitud de entrada en v_{if} ? Justifique.



Problema 2 1

a)

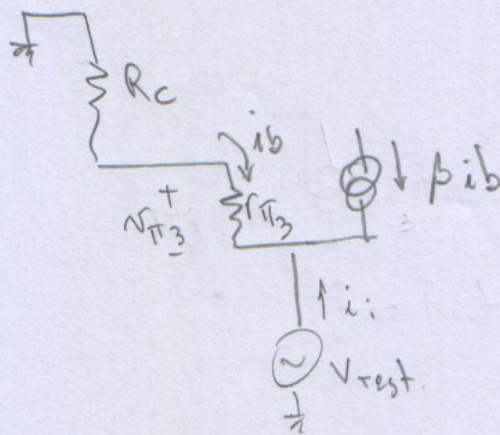


$$i_{in} = \frac{v_d}{2 R_1 // R_2 // r_{\pi_1}} \Rightarrow R_{in\ dit} = \frac{v_d}{i_{in}} = 2(R_1 // R_2 // r_{\pi_1})$$

$$I_{Q1} = 2\text{mA} \Rightarrow g_{m_1} = 77\text{mS} \Rightarrow r_{\pi_1} = \frac{\beta}{g_{m_1}} = 1300\ \Omega$$

$$R_{in\ dit} = 1848\ \Omega$$

b) R_{out}



$$R_{out} = \frac{v_{test}}{i_i}$$

$$i_i + i_b + \beta i_b = 0$$

$$i_i = -(\beta + 1) i_b$$

$$i_b = \frac{-v_{test}}{R_C + r_{\pi_3}} \Rightarrow -i_i = \frac{(\beta + 1) \cdot v_{test}}{R_C + r_{\pi_3}}$$

$$\Rightarrow R_{out} = \frac{R_C + r_{\pi_3}}{\beta}$$

$$c) R_{out} = \frac{R_C + r_{\pi 3}}{\beta + 1} \ll R_L$$

$$\frac{R_C + r_{\pi 3}}{\beta + 1} \leq \frac{R_L}{10}$$

$$\frac{1}{g_{m3}} \leq \frac{R_L}{10} - \frac{R_C}{\beta + 1} = 21,5 \Omega$$

$$\Rightarrow \frac{V_T}{I_{B3}} \leq 21,5 \Rightarrow I_{B3} \geq \frac{V_T}{21,5 \Omega} = 1,24 \text{ mA}$$

$$V_E \geq 2V_E$$

$$V_E \text{ m\u00e1x} = R_L I_{B3} \geq 2V_E \Rightarrow \boxed{I_{B3} \geq \frac{2V}{680 \Omega} = 2,9 \text{ mA}}$$

d)

$$A_d = A_{11} \cdot A_{22}$$

$$A_{11} = \frac{N_{CQ2}}{N_{in}^+ + N_{in}^-} = \frac{g_{m1,2}}{2} \cdot R_C \parallel R_{V_{BQ3}} = 169$$

$$A_{22} = \frac{N_o}{N_{CQ2}} = \frac{g_{m3} R_L}{g_{m3} R_L + 1} = 0,99$$

$$R_{V_{BQ3}} = r_{\pi 3} + (\beta + 1) R_L = 69 \text{ k}\Omega$$

$$r_{\pi 3} = (\beta + 1) \frac{V_T}{I_{B3}} = 884 \Omega$$

$$A_d = 167$$

$$A_c = A_{c_{\text{par d:it}}} - A_2 = 0,022$$

$$A_{c_{\text{par d:it}}} = \frac{g_{m_{1,2}} \cdot R_c \parallel R_{v_{DQ3}}}{g_{m_{1,2}} \cdot 2 \cdot R_{out\phi} + 1} \approx \frac{R_c \parallel R_{v_{DQ3}}}{2 R_{out\phi}} = 0,022$$

$$CMRR = \left| \frac{A_d}{A_c} \right| = \frac{169}{0,022} = 77,7 \text{ dB}$$

Problem 2

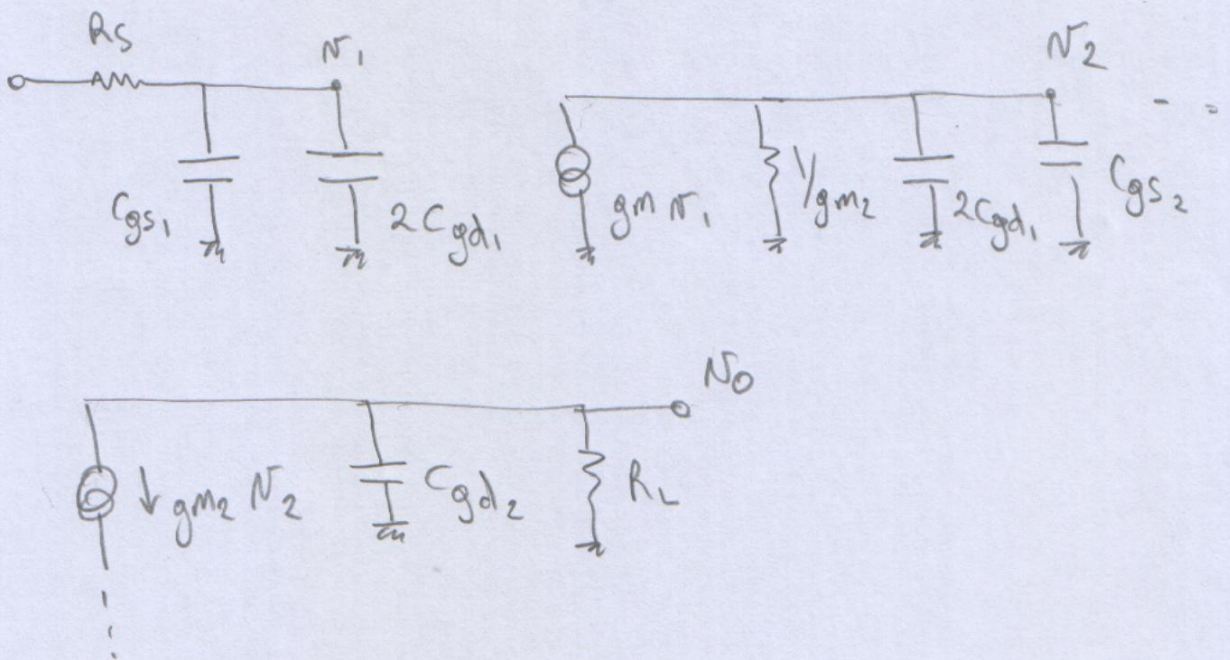
a)

$$I_{D1} = I_{D2} = I_0/2 \quad \Rightarrow \quad g_{m1} = g_{m2} = \sqrt{2\beta \frac{I_0}{2}} = 2,8 \text{ mA/V}$$

$$\beta_{n1} = \beta_p$$

$$G = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -g_m R_L = -2,8 \times 10^{-3} \cdot 4 \times 10^3 = -11,3$$

b) byzo C_{gd} por Miller



$$C_{gd1,2} = W \cdot C_{gdov} = 0,5 \text{ pF}$$

$$C_{gs1,2} = \frac{2}{3} \cdot W \cdot L \cdot C_{ox} + W \cdot C_{gs0v} = 3 \text{ pF}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi R_S (2C_{gd1} + C_{gs1})} = \boxed{7,9 \text{ MHz}} \quad \leftarrow \underline{\underline{f_{-3dB}}}$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{1}{g_{m2}} (2C_{gd1} + C_{gs2})} = 112 \text{ MHz}$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi \cdot R_L \cdot C_{gd2}} = 79 \text{ MHz}$$

c) En el caso del source común el polo de la salida se mantiene (f_{p3}) y el de la entrada pasa a ser

$$f_{p1}^* = \frac{1}{2\pi \cdot R_S ((1-\alpha)C_{gd1} + C_{gs1})} = 3,2 \text{ MHz}$$