

Examen de Electrónica Avanzada 1
31/07/2024

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)

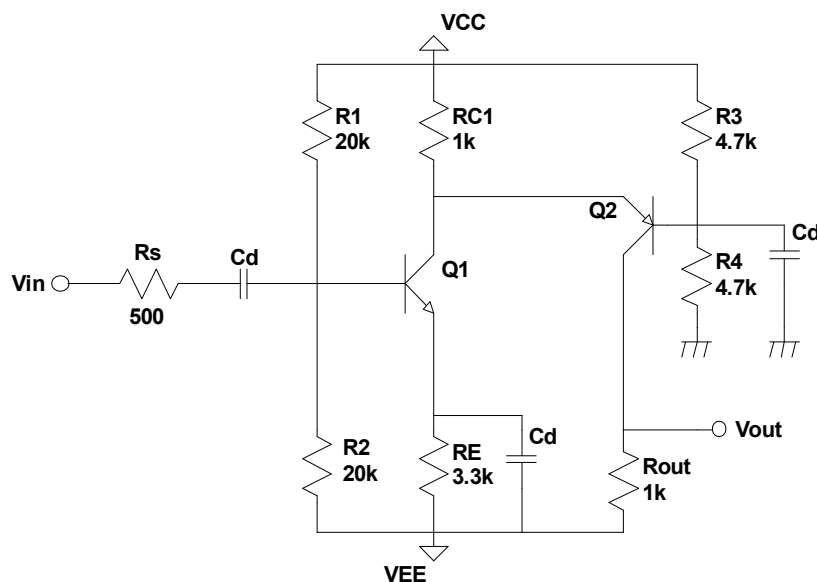
Para el circuito de la Figura calcule:

- Polarización de todos los transistores.
- Ganancia a frecuencias medias V_{out}/V_{in} .
- Frecuencia de corte superior.

Datos:

Q1,Q2 : $C_{\mu} = 4\text{pF}$, $C_{JE} = 20\text{pF}$, $f_T@10\text{mA} = 300\text{MHz}$, $\beta = 200$, $V_{BEQ1} = V_{EBQ2} = 0.7\text{ V}$, $V_A = \infty$.

$V_{CC} = -V_{EE} = 15\text{ V}$, los capacitores C_d se podrán considerar infinitos.



Problema 2: (36 puntos)

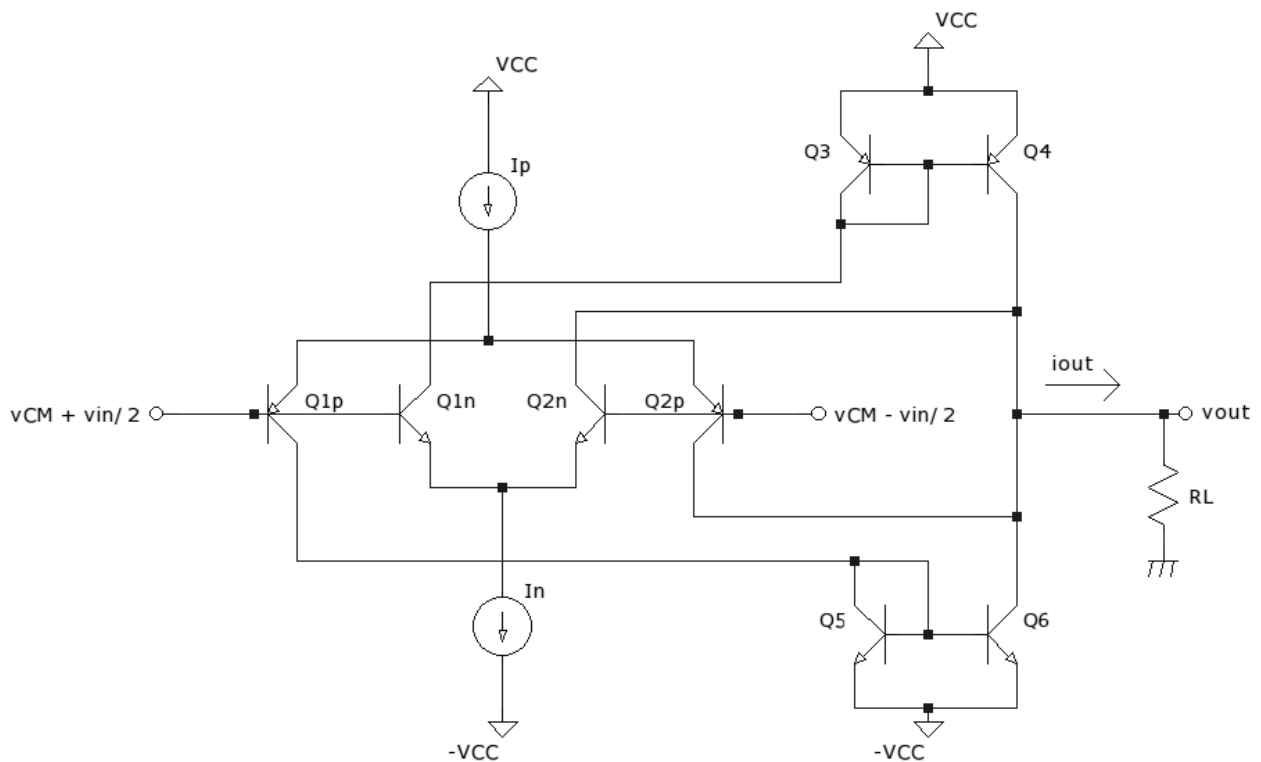
El circuito de la figura es la etapa de entrada de un amplificador operacional para baja tensión de alimentación.

Suponiendo que el valor de v_{CM} es tal que todos los transistores trabajan en activa y que $I_n = I_p = I_0$.

- Calcular la ganancia diferencial.
- Calcular la ganancia en modo común y el CMRR.

Suponiendo que ahora v_{CM} puede variar entre $-V_{CC}$ y V_{CC} .

- Graficar el valor de la transconductancia i_{outcc}/v_{in} ($i_{outcc} = i_{out}$ cuando $R_L = 0$) en función de v_{CM} . Indicar y justificar claramente los valores notables de la gráfica.

**Datos:**

Los transistores Q1N, Q1P, Q2N y Q2P tienen tensión base emisor o emisor base, según corresponda, V_{BE} y tensión de saturación $V_{CE/EC SAT}$.

Los transistores Q3, Q4, Q5, Q6 tienen igual tensión de saturación $V_{CE/EC SAT}$ y una tensión base emisor (o emisor base, según corresponda) $V_{BE3..6} = V_{BE} - V_{CESAT}$.

Para todos los transistores se puede suponer tensión de Early infinita y $\beta \gg 1$.

Las fuentes I_n e I_p necesitan una tensión mínima igual a $V_{Imin} = V_{BE}$ para su correcto funcionamiento y tienen una resistencia de salida R_0 .

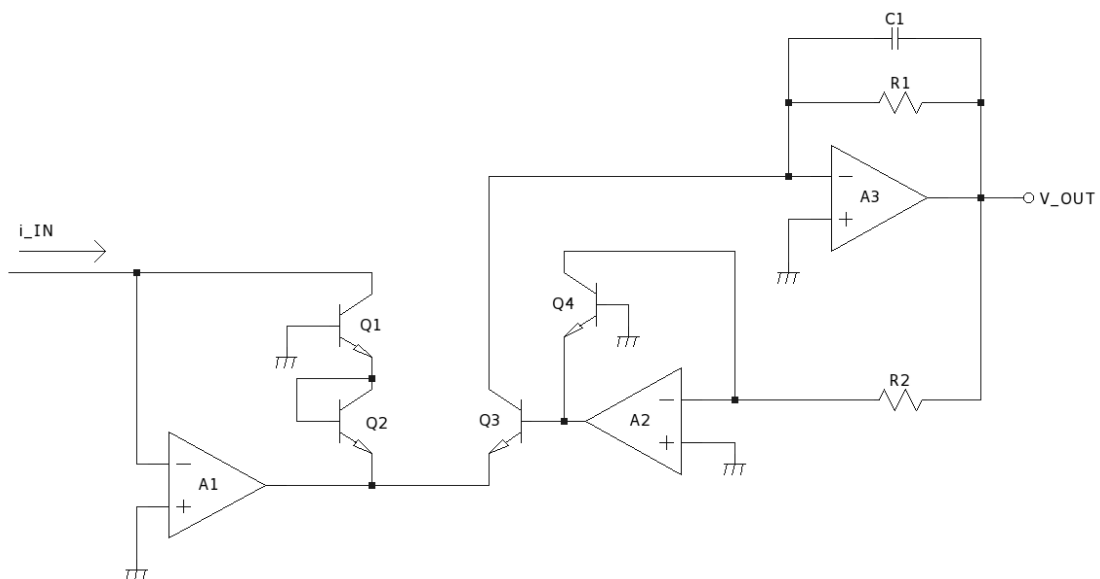
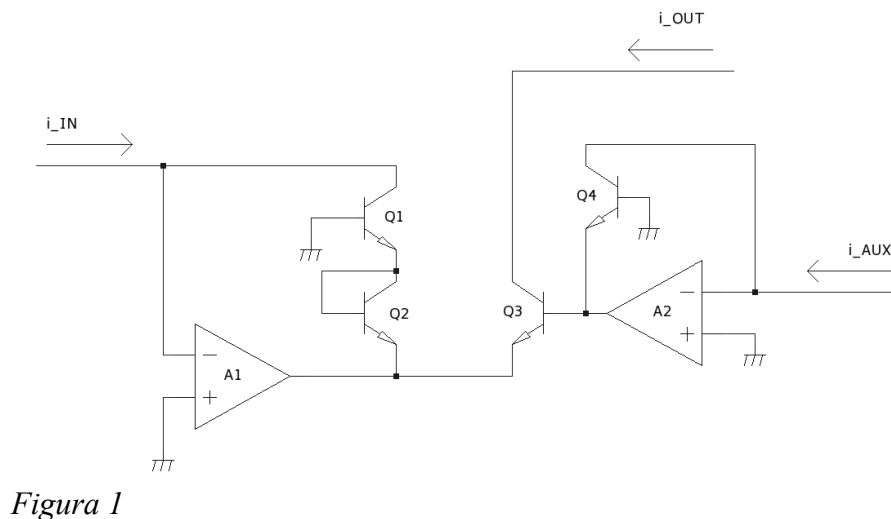
$V_{CC} > 2V_{BE}$.

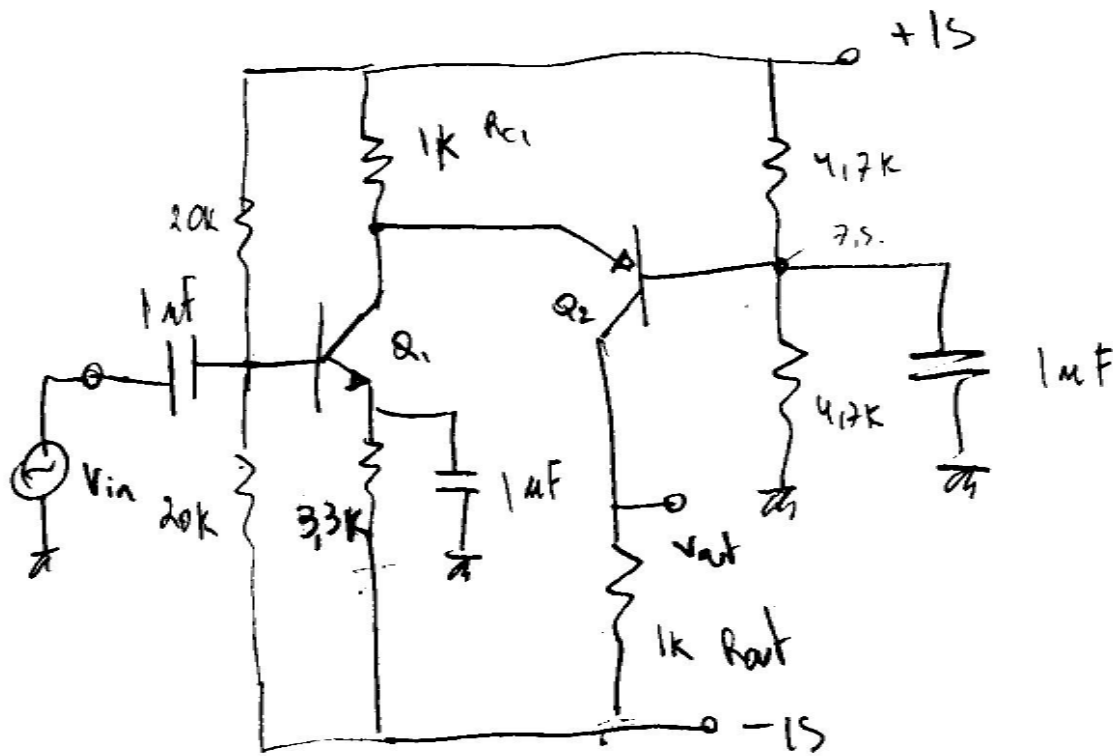
Pregunta : (28 puntos)

a) Para el circuito de la figura 1 determinar la función que relaciona i_{OUT} con i_{IN} e i_{AUX} . Se puede asumir que i_{IN} e i_{AUX} son positivas y los amplificadores operacionales se podrán considerar ideales.

A los efectos de calcular el valor RMS de la corriente i_{IN} se implementa el circuito de la figura 2. El mismo genera una tensión V_{OUT} proporcional al valor RMS de la corriente i_{IN} .

b) Si las componentes de frecuencia de la corriente i_{IN} son tales que $f \gg 1/(2\pi R_1 C_1)$ calcular el valor de tensión V_{OUT} .





$$V_{BE} = 0.7$$

$$I_{CQ1} = \left(\frac{0 - V_{BE_{Q1}} - (-15)}{3.3k} \right) = 4.3 \text{ mA}$$

$$\beta = 200$$

$$g_{m1} = \frac{4.3 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 165 \text{ mS}$$

$$r_{\pi1} = \frac{\beta}{4.3 \text{ mA}} \cdot 26 \text{ mV} = 1200 \Omega$$

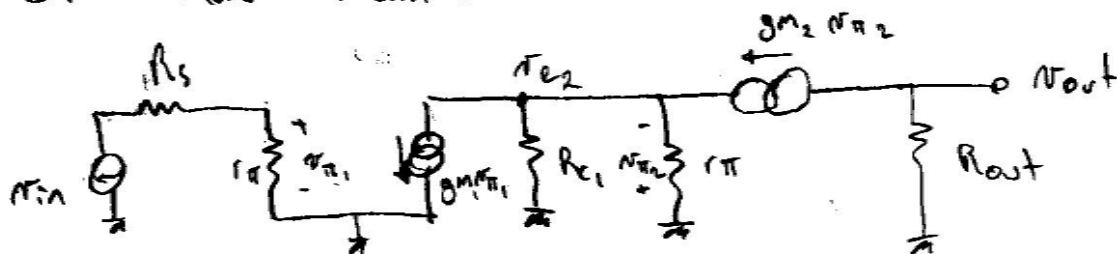
$$I_{RC1} = \frac{15 - (V_{CE_{Q2}} + 7.5)}{1k} = 6.8 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow I_{CQ2} = 2.5 \text{ mA}$$

$$g_{m2} = \frac{2.5 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 96 \text{ mS}$$

$$r_{\pi2} = \frac{\beta \cdot 26 \text{ mV}}{2.5 \text{ mA}} = 2080 \Omega$$

En Banda Pasante

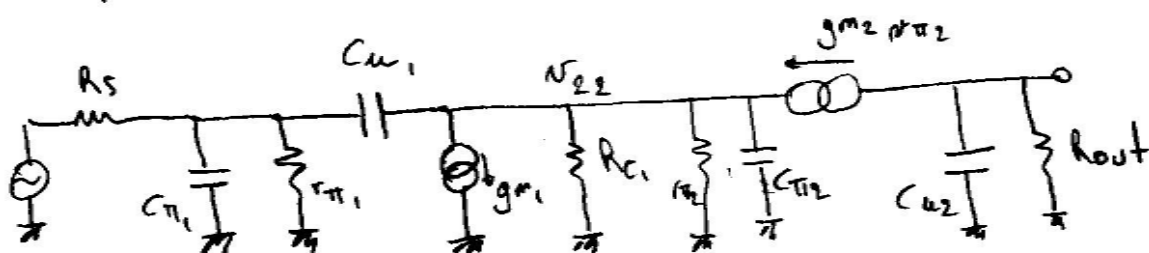


$$v_{\pi 1} = v_{in} \cdot \frac{r_{\pi 1}}{r_{\pi 1} + R_s} = 0,71 v_{in}$$

$$v_{e2} = -g_{m1} v_{\pi 1} \cdot \left(\frac{1}{g_{m2} \parallel 1k} \right) = - \left(\frac{g_{m1}}{g_{m2}} \cdot \frac{r_{\pi 1}}{r_{\pi 1} + R_s} \right) \cdot v_{in}$$

$$v_{out} = v_{e2} \cdot g_{m2} \cdot 1k = - \frac{g_{m1}}{g_{m2}} \cdot \frac{r_{\pi 1}}{r_{\pi 1} + R_s} \cdot g_{m2} \cdot 1k \cdot v_{in}$$

$$\frac{v_{out}}{v_{in}} = -117$$



C_{u1} puz por Miller



$$C_u = 4pF$$

$$C_{je} = 20pF$$

$$f_T = 300 MHz \quad @ \quad I_C = 10mA$$

$$f_T = \frac{g_m}{2\pi(C_{\pi} + C_u)} \Rightarrow C_{\pi} + C_u = \frac{g_m}{2\pi f_T} = \frac{10mA/20mV}{2\pi \cdot 300 \times 10^6} = 204pF$$

$$C_{\pi} = 200pF = 20 + k \cdot 10mA \Rightarrow k = 18pF/mA$$

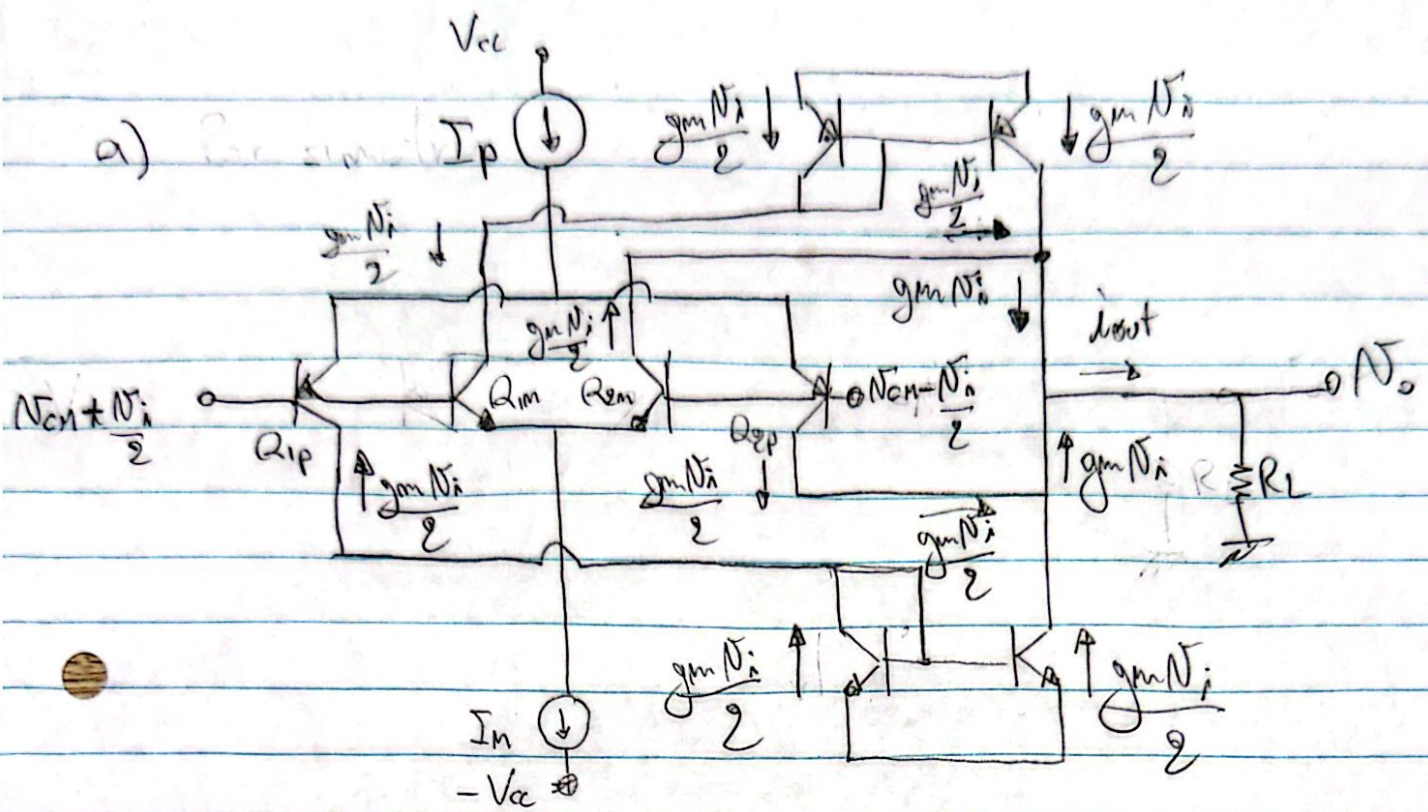
$$C_{\pi 1} = 20 \text{ pF} + 4,3 \text{ mA} \cdot 18 \text{ pF/mA} = 97,4 \text{ pF}$$

$$C_{\pi 2} = 20 \text{ pF} + 2,5 \text{ mA} \cdot 18 \text{ pF/mA} = 65 \text{ pF}$$

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi \cdot \underset{\substack{\text{"} \\ 384}}{R_{S//r_{\pi}}} \cdot (C_{\pi 1} + \underset{\substack{\text{"} \\ 2,72}}{(1-A)C_u})} = \boxed{4,15 \text{ MHz}}$$

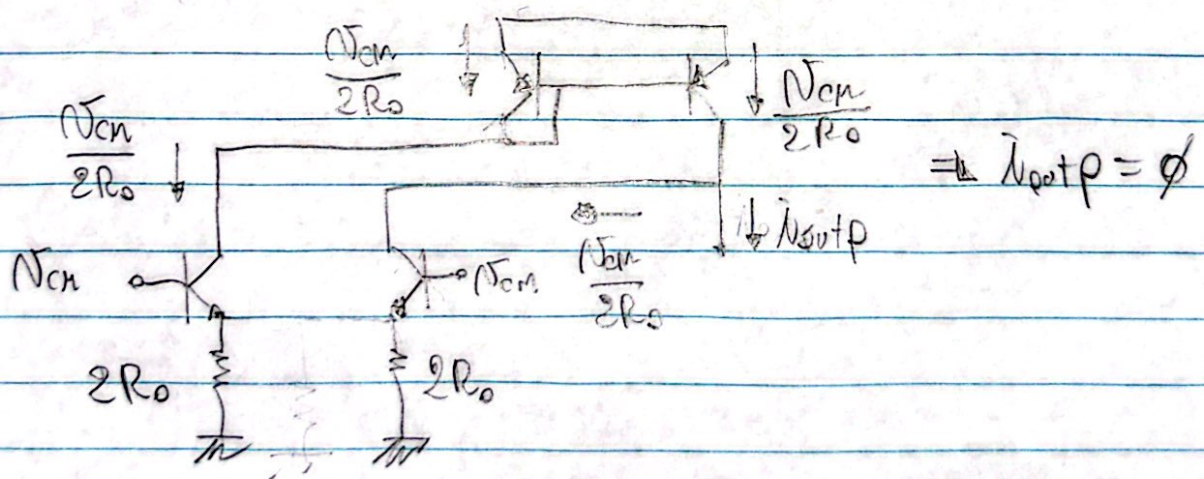
$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{1}{g_{m2}} \cdot (C_{\pi 2} + \frac{A-1}{A} C_{u1})} = 214 \text{ MHz}$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi \cdot R_{out} C_{u2}} = 40 \text{ MHz}$$



$$I_{out} = 2g_m N_i \Rightarrow \boxed{\frac{V_o}{N_i} = 2g_m R_L}$$

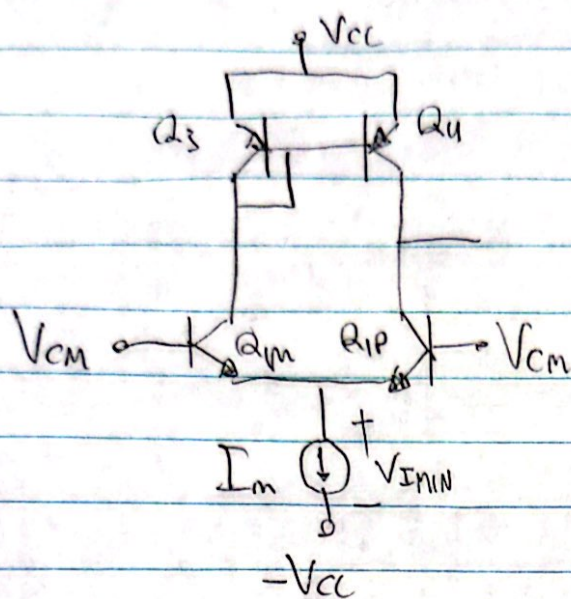
b) *Para AC uso la simetría del circuito.*



Análogamente $I_{outp} = 0 \Rightarrow \boxed{A_c = 0}$

$$\boxed{CMRR = \infty}$$

b) Nuevamente uso la simetría del circuito.



$$① \quad V_{I_m} > V_{I_{MIN}} \Rightarrow (V_{CM} - V_{BE1}) - (-V_{CC}) > V_{I_{MIN}}$$

$$V_{CM} - V_{BE1} + V_{CC} > V_{I_{MIN}} \Rightarrow \boxed{V_{CM} > -V_{CC} + V_{BE1} + V_{I_{MIN}}}$$

$$② \quad V_{CE1} > V_{CESAT} \Rightarrow (V_{CC} - V_{BE3}) - (V_{CM} - V_{BE1}) > V_{CESAT}$$

$$\Rightarrow V_{CM} < V_{CC} - V_{BE3} + V_{BE1} - V_{CESAT}$$

$$V_{CM} < V_{CC} - (V_{BE} - V_{CESAT}) + V_{BE1} - V_{CESAT} \equiv V_{CC}$$

$$\boxed{V_{CM} < V_{CC}}$$

