

Examen de Electrónica Avanzada 1
29/07/2022

Resolver cada problema en hojas separadas.

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: (38 puntos)

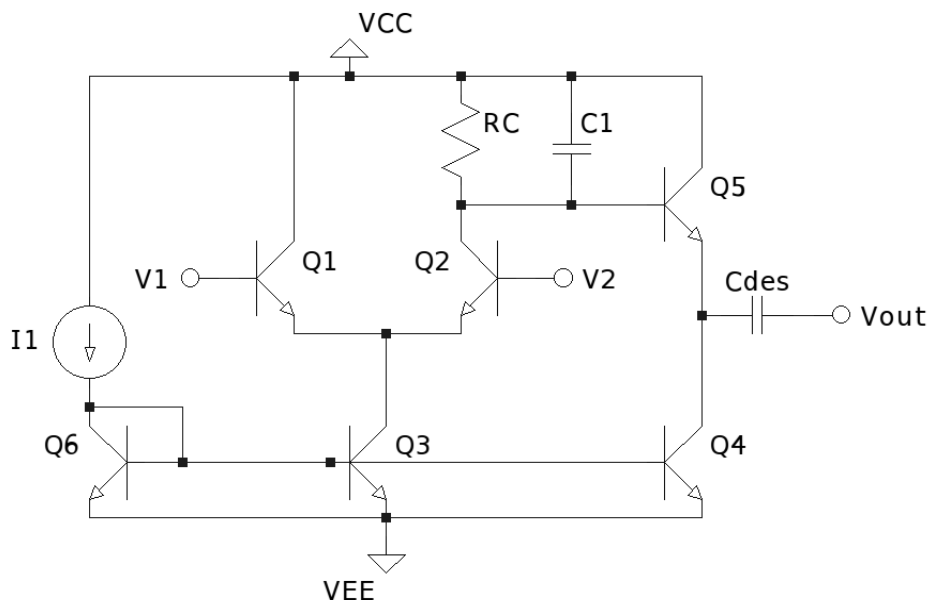
Para el circuito de la Figura considere que las tensiones V_1 y V_2 son tales que el circuito está polarizado adecuadamente para funcionar como amplificador.

- Determine la corriente de polarización de todos los transistores
- Hallar la ganancia diferencial $A_d = V_{out}/(V_1 - V_2)$ en baja frecuencia.
- Determine la relación de rechazo al modo común (CMRR) del amplificador.
- Calcule la frecuencia de transición (f_T) del circuito.
- Determine el rango de entrada en modo común (ICMR) del circuito.

Datos:

$R_C = 1\text{ k}\Omega$, $C_1 = 150\text{ pF}$, $V_{CC} = -V_{EE} = 10\text{ V}$, $I_1 = 100\text{ }\mu\text{A}$, $C_{des} = \infty$.

Transistores: $\beta = 100$, $V_{BE} = 0.7\text{ V}$, $V_{CESAT} = 0.3\text{ V}$, $V_A = 50\text{ V}$, $I_{S1} = I_{S2} = I_{S5} = I_{S3} = 10\text{ I}_{S6} = 10\text{ I}_{S4}$.



Problema 2: (38 puntos)

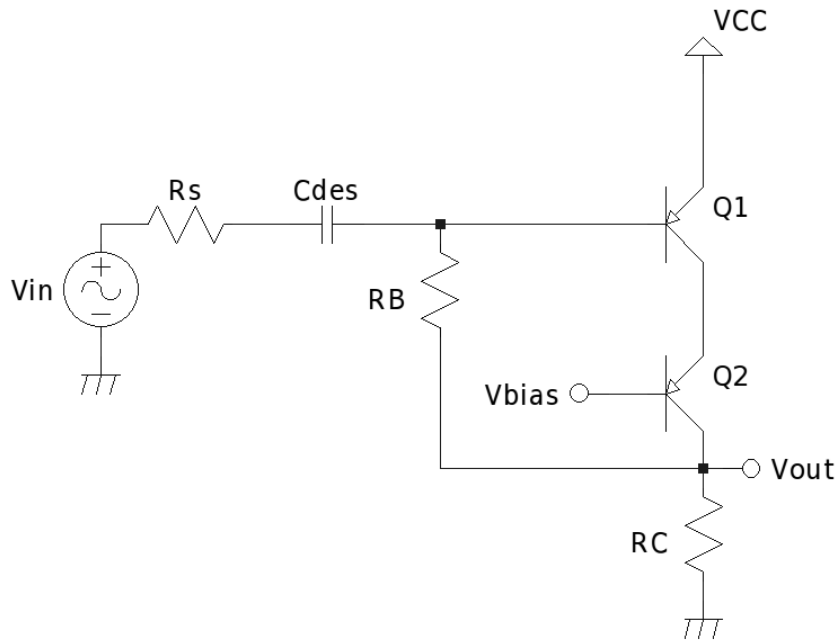
El circuito de la figura es un amplificador del cual se quiere conocer su ancho de banda. Suponga que V_{bias} es tal que los dos transistores operan en zona activa.

- Calcule la ganancia del circuito a frecuencias medias.
- Determine la frecuencia de corte superior. Dar una expresión literal y su valor numérico.

Datos:

$V_{CC} = 9\text{ V}$, $R_s = 1\text{ k}\Omega$, $R_C = 5\text{ k}\Omega$, $R_B = 270\text{ k}\Omega$, el capacitor C_{des} se podrá considerar infinito.

Transistores idénticos, $\beta = 200$, $V_{EB} = 0.7 \text{ V}$, $f_{T@5mA} = 3 \text{ GHz}$, $C_{\mu} = 5 \text{ pF}$, $C_{je} = 1 \text{ pF}$, V_{Early} se podrá considerar infinito.



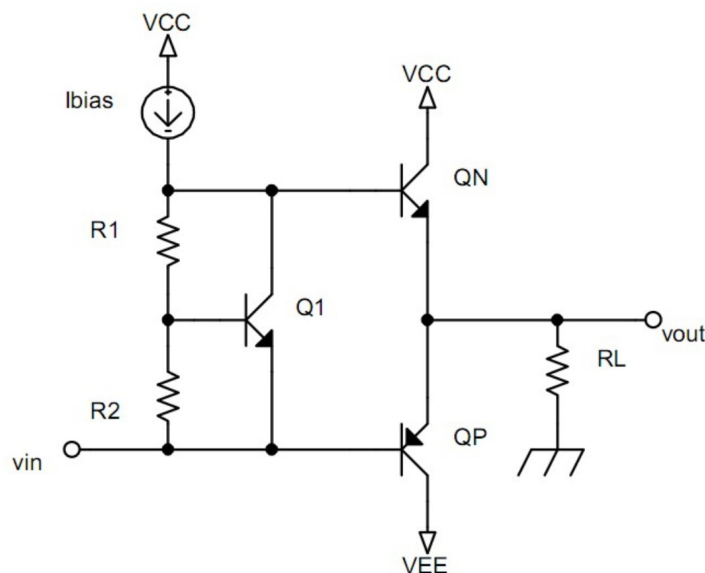
Pregunta : (24 puntos)

Para la etapa de salida clase AB de la figura :

- a) Explique cualitativamente como sería una corrida térmica
- b) Describa dos métodos para evitarla explicando su funcionamiento.
- c) Determine I_{bias} para que el circuito pueda entregar una potencia de 4W a la carga
- d) ¿Qué condición tiene que cumplir la tensión de saturación V_{SAT} de la fuente de corriente I_{bias} para que todo funcione correctamente en las condiciones de la parte c)?

Justifique todas las respuestas.

Datos: $V_{CC} = -V_{EE} = 10 \text{ V}$, $R_L = 8 \Omega$. Q_N, Q_P : $V_{BE} = V_{EB} = 0.8 \text{ V}$, $V_{CESAT} = 0.3 \text{ V}$, $\beta = 50$. R_1, R_2, Q_1 son tales que el circuito funciona correctamente.



Problema 1

a) Q_6, Q_3, Q_4 espejo de corriente

$$I_{S_3} = 10 I_{S_6} \Rightarrow I_{C_3} = 1 \text{ mA}$$

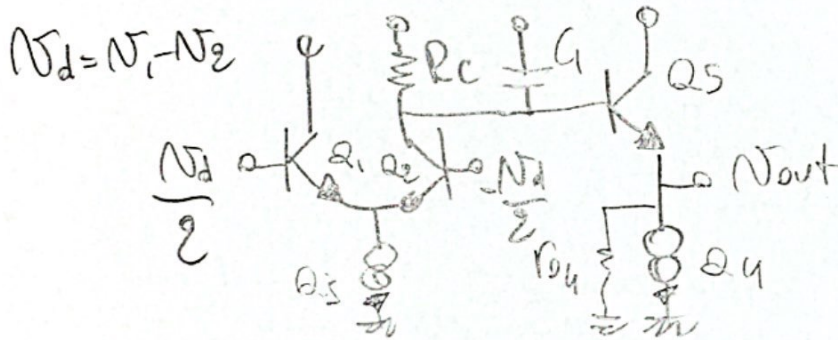
$$10 I_{S_4} = 10 I_{S_6} \Rightarrow I_{C_4} = I_{C_6} = 100 \mu\text{A} = I_{C_5}$$

$$I_{C_1} = I_{C_2} = \frac{I_{C_3}}{2} = 500 \mu\text{A}$$

$$g_{m5} = 3,8 \text{ mA/V}$$

$$g_{m1} = g_{m2} = 19,2 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

b)



$$\Rightarrow N_{q_2} = -g_{m2} \frac{N_d}{2} \Rightarrow N_{c_2} = +R_C g_{m2} \frac{N_d}{2}$$

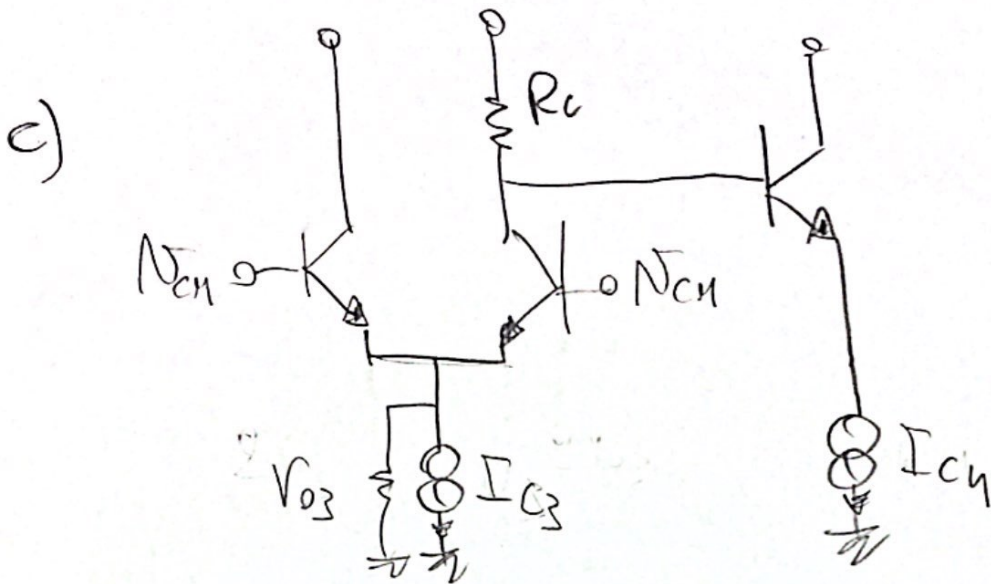
$$\frac{N_{out}}{N_{c_2}} = \frac{g_{m5} r_{o4}}{1 + g_{m5} r_{o4}} \approx 1$$

$g_{m5} r_{o4} \gg 1$

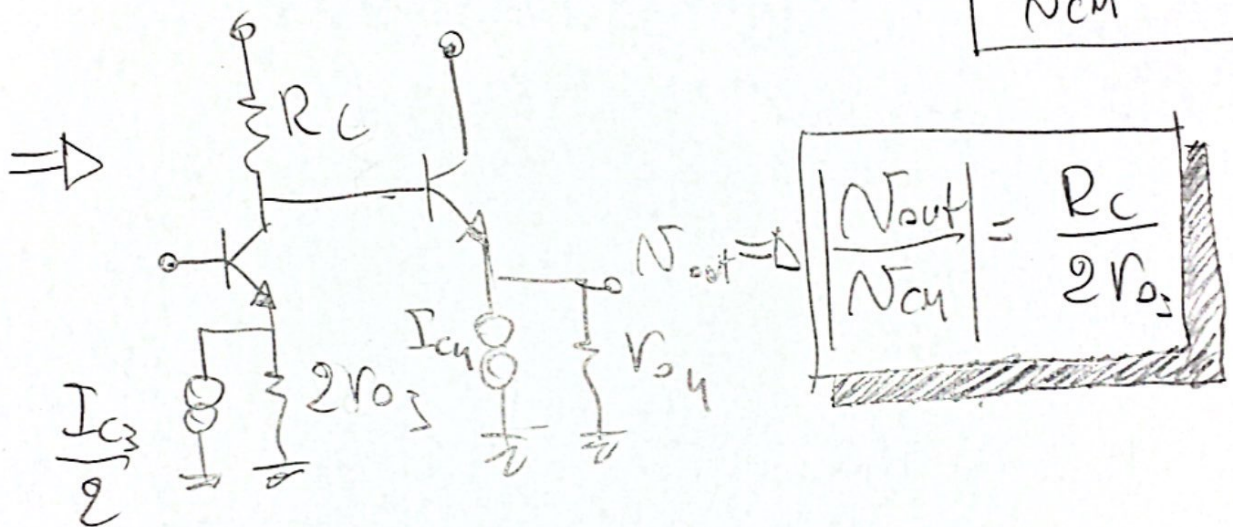
$$\frac{N_{out}}{N_1 - N_2} = \frac{R_C g_{m2}}{2}$$

$$\frac{N_{out}}{N_1 - N_2} = 9,6 \text{ V/V}$$

11
1923



$$\frac{N_{out}}{N_{CM}} = 0,01$$



$$\left| \frac{N_{out}}{N_{CM}} \right| = \frac{R_c}{2R_{O3}}$$

d)

$$G(\Delta) = \frac{g_{m2} R_c \parallel 1/C_1 \Delta}{2} = g_m \frac{R_c / C_1 \Delta}{R_c + 1/C_1 \Delta}$$

$$\approx g_{m2} \frac{R_c}{R_c \Delta + 1} \Rightarrow f_{-3dB} = \frac{1}{2\pi R_c C_1}$$

$f \gg f_{-3dB} \Rightarrow |G(j\omega)| \approx \left| \frac{g_{m2} R_c}{R_c C_1 j\omega} \right| \approx \frac{g_{m2}}{C_1 \omega} = 1$

$$f_t = \frac{g_{m2}}{2\pi C_1}$$

$$f_t = 2,04 \text{ MHz}$$

d)

$$V_{CE3} > V_{CESAT} \Rightarrow (V_{ICM} - V_{BE}) - V_{EE} > V_{CESAT}$$

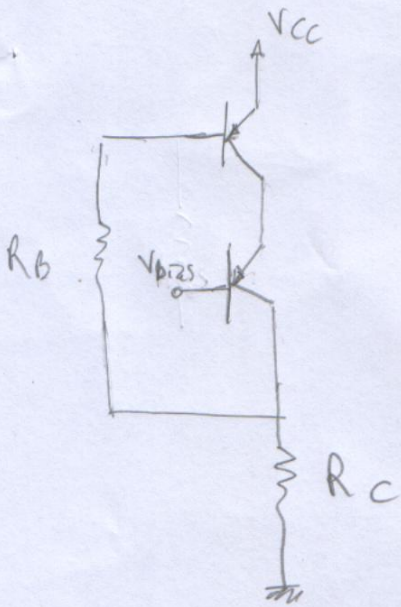
$$V_{ICM} > V_{EE} + V_{BE} + V_{CESAT}$$

$$V_{CE2} > V_{CESAT} \Rightarrow (V_{CC} - R_C I_{C2}) - V_{ICM} - V_{BE} > V_{CESAT}$$

$$\Rightarrow V_{ICM} < V_{CC} - R_C I_{C2} - V_{BE} - V_{CESAT}$$

$$-9 < V_{ICM} < 8,5$$

a) →



$$V_{CC} = V_{EB} + R_B \cdot I_{B_1} + R_C (I_{B_1} + I_{C_2}) =$$

$$= V_{EB} + R_B \cdot \frac{I_C}{\beta} + R_C I_C$$

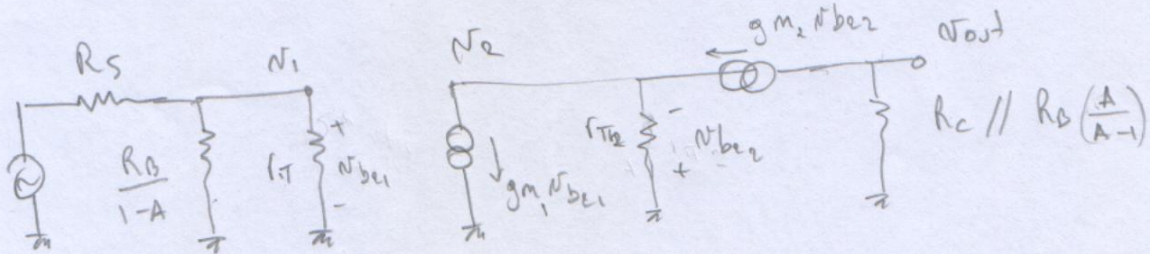
↑
β ≫ 1
I_{C1} = I_{C2}

$$\Rightarrow V_{CC} - V_{EB} = I_C \left(\frac{R_B}{\beta} + R_C \right)$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{EB}}{\frac{R_B}{\beta} + R_C} = 1,3 \text{ mA}$$

$$g_{m1} = g_{m2} = \frac{I_C}{V_T} = 0,05 \text{ A/V}$$

$$r_{\pi} = 4 \text{ k}\Omega$$



$$A = \frac{N_{out}}{N_1}$$

$$A_1 = \frac{N_2}{N_1} = -g_{m1} \cdot \frac{1}{g_{m2}} = -1$$

$$\frac{N_{out}}{N_2} = g_{m2} \cdot R_C \parallel R_B = 245$$

∴ A ≫ 1

$$A = -245$$

$$\Rightarrow G = A \cdot \frac{\frac{R_B}{1-A} \parallel r_{\pi}}{R_S + \frac{R_B}{1-A} \parallel r_{\pi}} = -114$$

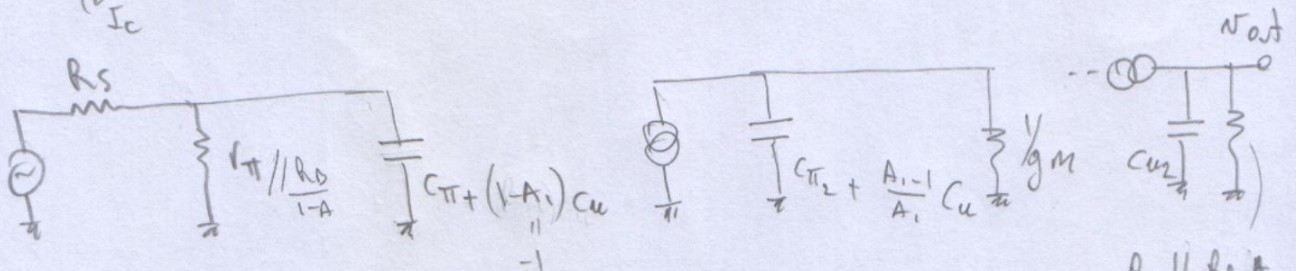
$$G = A \cdot \frac{R_B \parallel r_{\pi}}{R_S + R_B \parallel r_{\pi}}$$

$$b) \quad f_T @ 5mA = 34 \text{ Hz} = \frac{g_{m@5mA}}{2\pi (C_{\pi@5mA} + C_u)} \Rightarrow C_{\pi@5mA} + C_u = \frac{g_{m@5mA}}{2\pi \cdot f_T}$$

$$C_{\pi@5mA} + C_u = 102 \text{ pF} \Rightarrow C_{\pi@5mA} = 5,2 \text{ pF}$$

$$C_{\pi@5mA} = C_{je} + \alpha \cdot 5mA \Rightarrow \alpha = 0,84 \text{ pF/mA}$$

$$C_{\pi} @ I_c = C_{je} + \alpha I_c = 1 \text{ pF} + 0,84 \text{ pF/mA} \cdot 1,3 \text{ mA} = 2,1 \text{ pF}$$



$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi \cdot \left(\frac{R_D}{1-A}\right) // r_{\pi} // R_s \cdot (C_{\pi} + 2C_u)} = \boxed{270 \text{ kHz}}$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \cdot \frac{1}{g_m} \cdot (C_{\pi} + 2C_u)} = 661 \text{ MHz}$$

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi \cdot R_C // R_L \cdot C_{u2}} = 6,5 \text{ MHz}$$