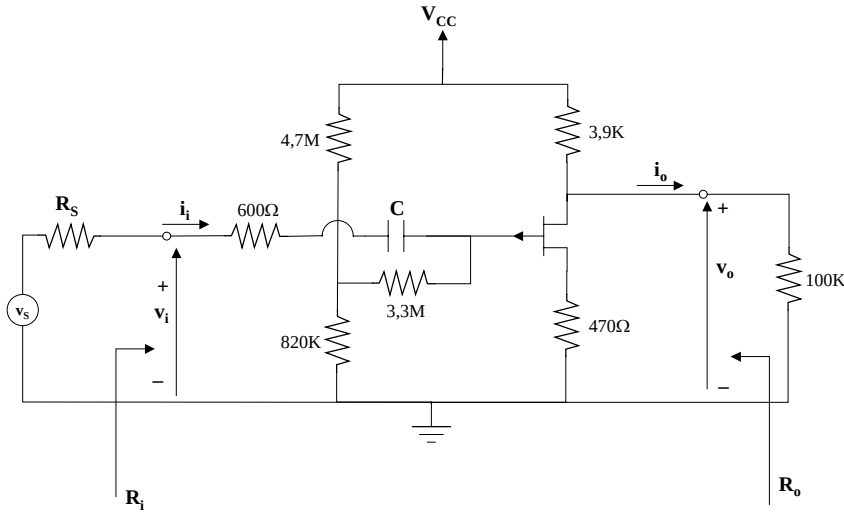


PROBLEMA 1 (2 puntos)

Dado el circuito de la figura, calcular los siguientes valores:

- La ganancia de tensión ($A_V = v_o/v_i$), ganancia de corriente ($A_I = i_o/i_i$), resistencia de entrada y resistencia de salida a frecuencias medias. (1 punto)
- La frecuencia de corte inferior. (0,5 puntos)
- Dibujar los diagramas de Bode de amplitud y fase (0,5 puntos)

Datos: $R_S = 1\text{ k}\Omega$ $C = 10\text{ nF}$ $g_m = 0,5\text{ mA/V}$ $r_d = 100\text{ k}\Omega$



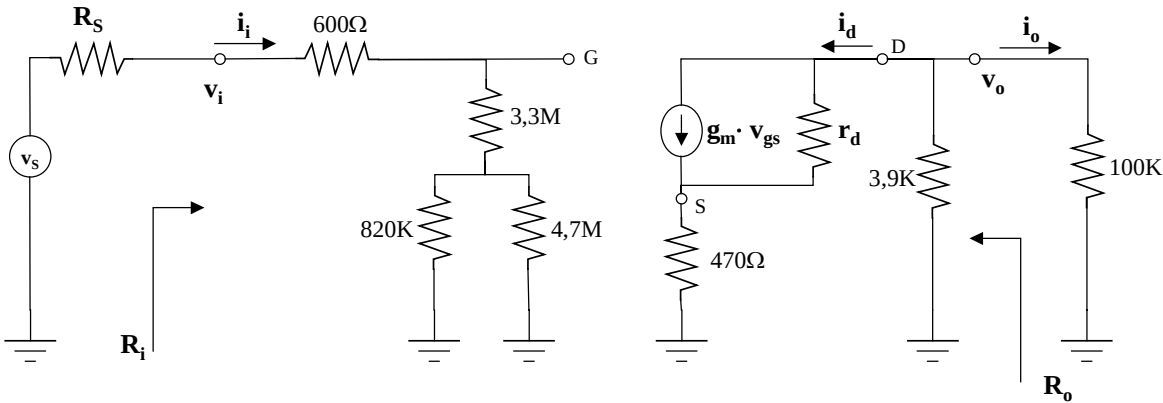
Solución apartado a)

A_V	A_I	R_i	R_o
-1,46	-58,72	3,99 M Ω	3,78 k Ω

Solución apartado b)

f_L
3,97 Hz

a) El circuito equivalente a frecuencias medias es el siguiente:



$$R_i = \frac{v_i}{i_i} = 0,6K + 3300K + (820K // 4700K) = 3300,6K + \frac{820 \cdot 4700}{820 + 4700} K = 3998,78K = 3,99M\Omega$$

$$A_I = \frac{i_o}{i_i}; \quad i_o = -i_d \cdot \frac{3,9K}{100K + 3,9K} = -0,0375 \cdot i_d$$

$$v_o = -i_d \cdot (3,9K // 100K) = (i_d - g_m \cdot v_{gs}) \cdot r_d + i_d \cdot 0,47K \Rightarrow -i_d \cdot \frac{3,9K \cdot 100K}{3,9K + 100K} = i_d \cdot 100K - 0,5 \cdot v_{gs} \cdot 100 + i_d \cdot 0,47K$$

$$-i_d \cdot 3,75K = i_d \cdot 100,47K - 50 \cdot v_{gs} \Rightarrow 104,22 \cdot i_d = 50 \cdot v_{gs} \Rightarrow i_d = 0,47975 \cdot v_{gs} \Rightarrow i_o = -0,01799 \cdot v_{gs}$$

$$i_i = \frac{v_g}{3300K + (820K // 4700K)} = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot v_g;$$

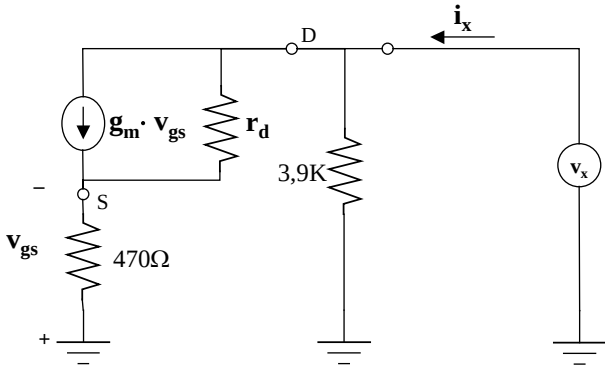
$$v_g = v_{gs} + i_d \cdot 0,47K = v_{gs} + 0,47975 \cdot v_{gs} \cdot 0,47 = 1,2254 \cdot v_{gs}$$

$$i_i = 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,2254 \cdot v_{gs} = 3,0635 \cdot 10^{-4} \cdot v_{gs}$$

$$A_I = \frac{-0,01799 \cdot v_{gs}}{3,0635 \cdot 10^{-4} \cdot v_{gs}} = -58,72$$

$$A_V = \frac{v_o}{v_i} = \frac{i_o \cdot 100K}{i_i \cdot R_i} = A_I \cdot \frac{100K}{3998,78K} = -1,46$$

Para calcular la resistencia de salida se pone $v_S = 0$, lo que implica que $i_i = 0$ y $V_G = 0$. Entonces el circuito equivalente para calcular R_o es:



$$R_o = \frac{v_x}{i_x}; \quad i_x = \frac{v_x}{3,9K} - \frac{v_{gs}}{0,47K}; \quad v_x = \left(-\frac{v_{gs}}{0,47K} - g_m \cdot v_{gs} \right) \cdot r_d - v_{gs} = -\frac{100K}{0,47K} \cdot v_{gs} - 0,5 \cdot 100 \cdot v_{gs} - v_{gs}$$

$$v_x = -263,76 \cdot v_{gs}$$

$$i_x = -\frac{263,76}{3,9} \cdot v_{gs} - \frac{1}{0,47} \cdot v_{gs} = -69,758 \cdot v_{gs}$$

$$R_o = \frac{263,76 \cdot v_{gs}}{69,758 \cdot v_{gs}} = 3,781K$$

b) El condensador introduce un cero en el origen y un polo a una frecuencia:

$$f_p = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot R_C}$$

$$R_C = R_S + 0,6K + 3300K + (4700K // 820K) = 1K + 0,6K + 3300K + 698,18K = 3999,78K$$

$$f_p = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 10 \cdot 10^{-9} \cdot 3999,78 \cdot 10^3} = 3,97Hz$$

La frecuencia de corte inferior es entonces la frecuencia del polo introducido por el condensador.

c) El condensador introduce un cero en el origen y un polo a una frecuencia de 3,97 Hz.

A frecuencias medias la ganancia de tension expresada en dB es:

$$|A_v|(dB) = 20 \cdot \log|A_v| = 20 \cdot \log 1,46 = 3,28 dB$$

