

Ejercicio 1

En este ejercicio, se estudió el comportamiento de un transistor NPN en el siguiente circuito con emisor común:

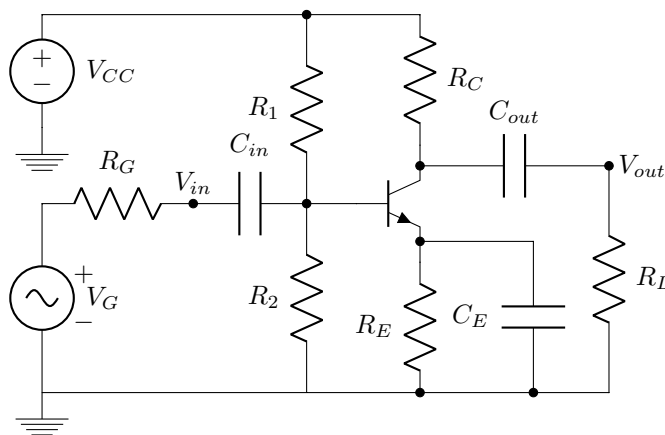


Figura 1.1: Esquema del circuito

En particular, el modelo de transistor utilizado fue el BC547¹. Su h_{fe} , medido con multímetro, es de 569.

Los valores de los componentes pasivos son los siguientes:

R_1	R_2	R_C	R_E	R_L	C_{in}	C_{out}	C_E
$100k\Omega$	$8.2k\Omega$	$5.6k\Omega$	250Ω	$10k\Omega$	$10nF$	$10nF$	$1\mu F$

Tabla 1.1: Valores de las resistencias y los capacitores utilizados

La resistencia R_G se encuentra excluida de estas consideraciones puesto a que es la resistencia interna del generador, cuyo valor estándar es 50Ω . A su vez, el transistor se alimentó con $V_{CC} = 12V$

1.1 Análisis teórico

A continuación obtendremos la respuesta para señales de frecuencia media (donde los capacitores pueden considerarse cables) del circuito. Si bien con este método no podremos obtener la respuesta en frecuencia del circuito, se espera que el valor máximo de ganancia coincida con el calculado aquí.

¹La hoja de datos de este transistor puede encontrarse en el siguiente link: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/BC546.pdf>

1.1.1 Polarización

Como la polarización del transistor se realiza en continua, no circula corriente por las ramas del circuito donde hay capacitores. Por lo tanto, se puede simplificar de la siguiente manera:

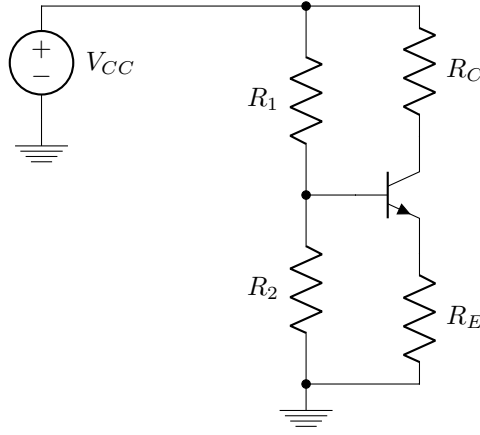


Figura 1.2: Esquema del circuito en continua

Aplicaremos el teorema de Thévenin para resolverlo, es decir para obtener I_{Bq} . Aplicando un divisor resistivo para la tensión de Thévenin, y pasivando V_{CC} y considerando que por la resistencia R_E pasa $I_E = I_C + I_B = I_B \cdot (h_{FE} + 1)$, el circuito resultante es el siguiente:

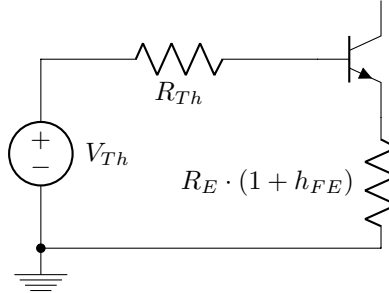


Figura 1.3: Circuito de Thévenin en continua

En la figura (??), $R_{Th} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = 7.579k\Omega$. y $V_{Th} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \cdot V_{CC} = 0.909V$. De esta manera obtenemos que los valores de las corrientes de polarización son:

$$\begin{cases} I_{Bq} = \frac{V_{Th} - V_{BEON}}{R_{Th} + R_E \cdot (1 + h_{FE})} & = 1.467nA \\ I_{Cq} = h_{FE} \cdot I_{Bq} = \frac{V_{Th} - V_{BEON}}{\frac{R_{Th}}{h_{FE}} + R_E \cdot \left(\frac{1 + h_{FE}}{h_{FE}} \right)} & = 835nA \end{cases}$$

CALCULAR VTH, RTH, ICQ, IBQ, DECIR QUE QUEDAN EN LOS PARAMETROS DE BLABLABLA

1.1.2 Modelo incremental

Los parámetros que utilizaremos en el circuito incremental son los híbridos. Para ello necesitaremos los valores de las tensiones V_T y V_A . En cuanto a la primera, se considera que la misma vale $26mV$ pues se trabaja a temperatura

ambiente. La tensión de Early, por otro lado, la extrapolaremos de los gráficos de $I_C(V_{CE})$ aportados por el fabricante.

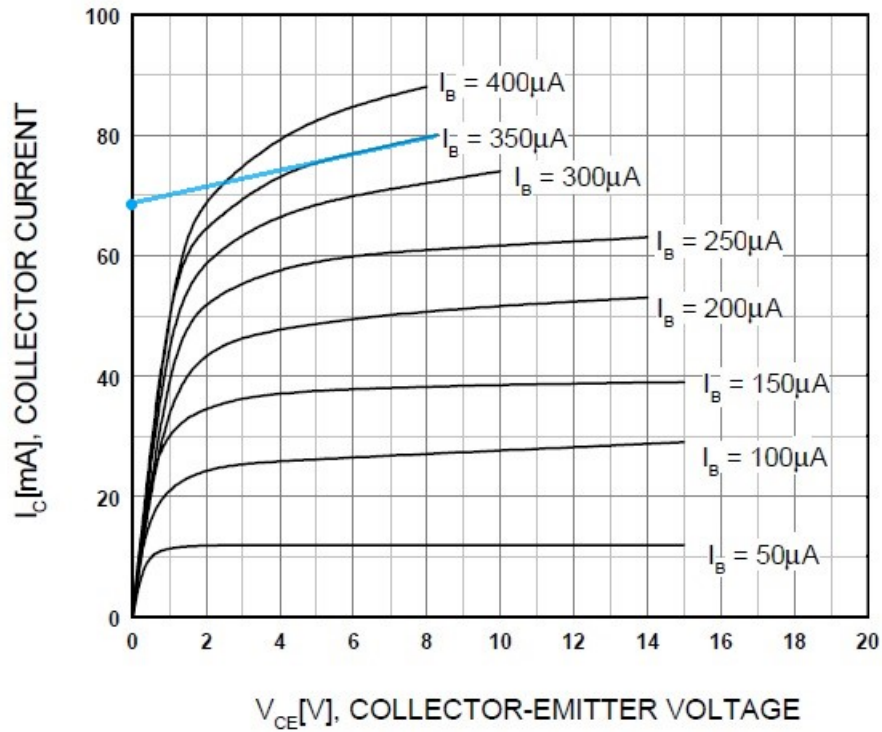


Figura 1.4: Curvas características de la hoja de datos e interpolación lineal

La recta resaltada en celeste en la figura anterior intersecta al eje x en $V_{CE} = -V_A$. Dado que su coordenada de origen es $I_{C0} \sim 68 \text{ mA}$, y su pendiente es $r_{ce} \sim \frac{8 \text{ V}}{80 \text{ mA} - 68 \text{ mA}} = 667 \Omega$, resulta que el valor de la tensión de Early para este transistor es $V_A = r_{ce} \cdot I_{C0} \sim 45.33 \text{ V}$.

Habiendo determinado estos valores, los parámetros híbridos resultan ser:

$$\begin{cases} h_{ie} = (h_{FE} + 1) \cdot \frac{V_T}{I_{Cq}} = 17.75 \text{ M}\Omega \\ \frac{1}{h_{oe}} = r_{oe} = \frac{V_A}{I_{Cq}} = 54.29 \text{ M}\Omega \end{cases}$$

1.1.3 Circuito incremental

Considerando que la frecuencia es lo suficientemente grande como para que la impedancia de los capacitores sea despreciable, el circuito queda planteado de la siguiente manera:

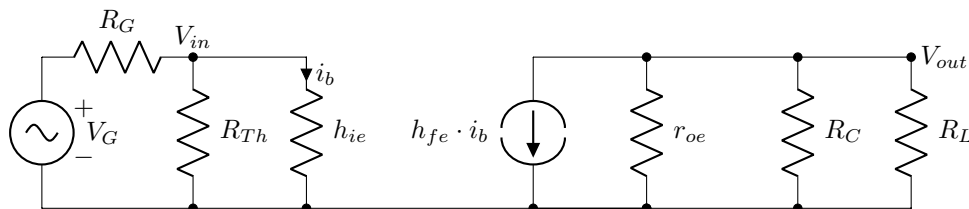


Figura 1.5: Circuito con los capacitores en cortocircuito

Debido a que $r_{oe} \gg R_C \parallel R_L$, despreciamos sus efectos en el circuito. Las impedancias de este circuito son entonces:

$$\begin{cases} R_D = R_C \parallel R_L & = 3.590k\Omega \\ R_{ia} = R_{Th} \parallel h_{ie} \sim R_{Th} & = 7.579k\Omega \\ R_{oa} = \frac{h_{fe} \cdot i_b \cdot R_C}{h_{fe} \cdot i_b} = R_C & = 5.6k\Omega \end{cases} \quad (1.1)$$

La ganancia en tensión se obtiene entonces como:

$$\Delta_V = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{i_b \cdot h_{fe} \cdot R_D}{i_b \cdot R_{ia}} = \frac{h_{fe} \cdot R_D}{R_{ia}} = 270 = 49dB \quad (1.2)$$

1.2 Resultados y análisis

1.2.1 Respuesta en frecuencia

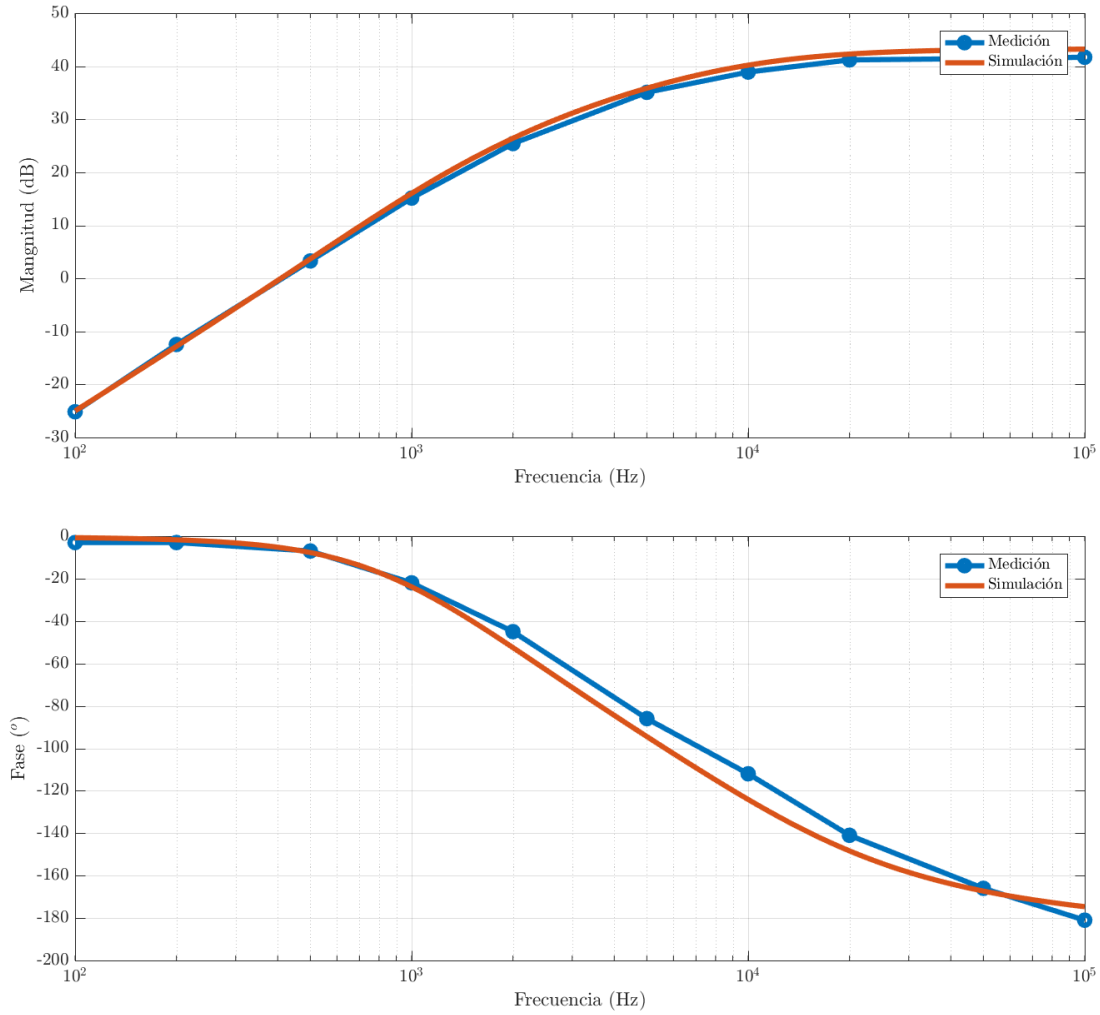


Figura 1.6: Diagrama de bode de la respuesta en frecuencia

1.2.2 Impedancia de entrada

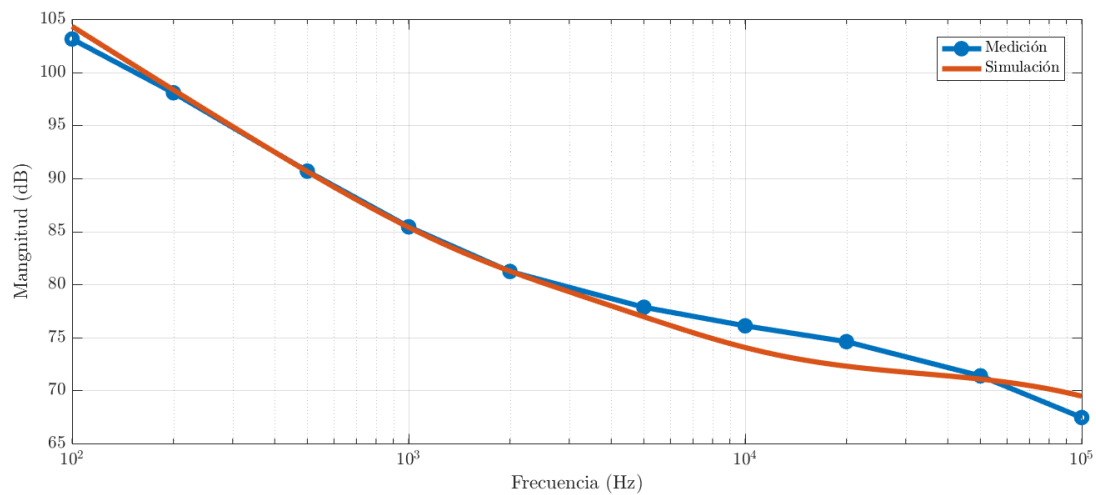


Figura 1.7: Diagrama de bode de la impedancia de entrada

1.2.3 Impedancia de salida

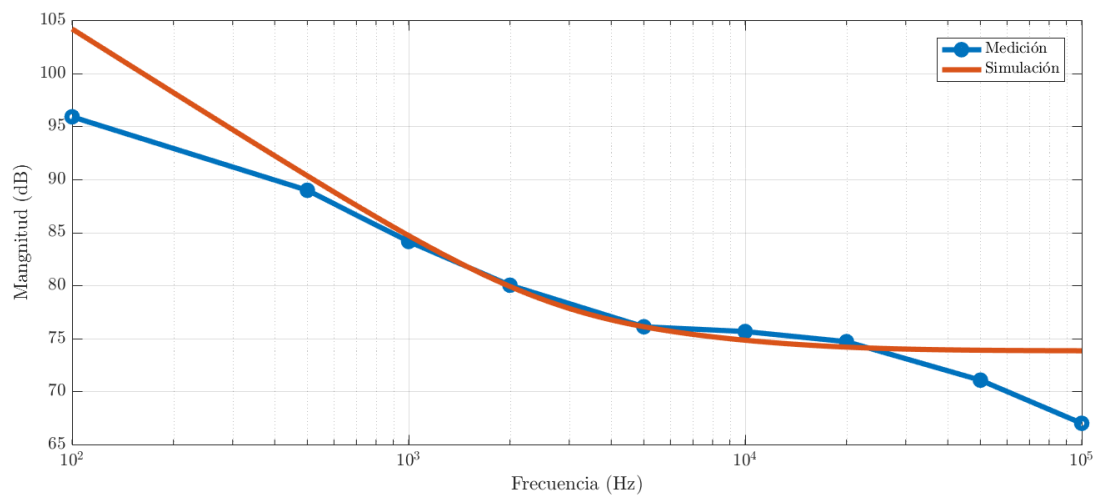


Figura 1.8: Diagrama de bode de la impedancia de entrada

1.3 Conclusiones