

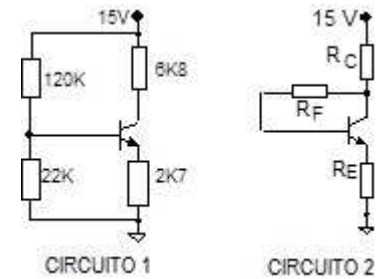
AMPLIFICACIÓN ANALÓGICA I: Circuitos con un transistor

Dado que los circuitos tienen aplicación práctica, se recomienda realizar un análisis crítico de la respuesta del circuito en su conjunto así como de la función que cumple cada uno de los elementos que los conforman.

1.- En los circuitos de la figura los BJT tienen características similares.

a) Determinar los parámetros (I_{CQ} , V_{CEQ}) que caracterizan el punto de trabajo del circuito 1. Asignar valores comerciales para las resistencias R_F , R_C y R_E del circuito 2 de manera que los transistores de ambos circuitos funcionen en el mismo punto de trabajo.

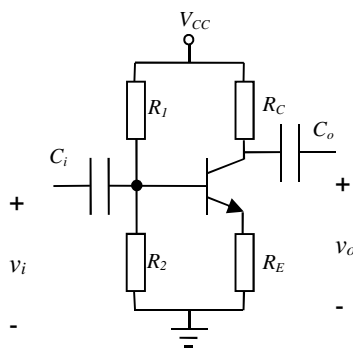
b) Obtener una expresión de la corriente de colector (I_C) en función de los parámetros del transistor que dependen de la temperatura (V_{BE} , I_{CO}) y de β .



c) Analizar comparativamente las condiciones de estabilidad e independencia del β de ambos circuitos y sacar conclusiones acerca de la corriente de polarización del transistor que en cada configuración queda fijada por los elementos del circuito. Verificar en ambos circuitos el efecto de utilizar, sin modificar el resto de los componentes del circuito, un transistor con $\beta=100$ o uno con $\beta=200$.

d) En cada circuito, conectar la fuente de señal para que funcione como amplificador emisor común, como amplificador base común y como amplificador colector común, agregar los elementos que considere necesarios tanto en la entrada como en la salida de cada amplificador. Utilizando el modelo π para el BJT, dibujar los modelos para pequeña señal para los 3 circuitos, y determinar, en cada uno de ellos, la ganancia de tensión: $a_v = v_o/v_i$, la impedancia de entrada: $z_i = v_i/i_i$, y la impedancia de salida: $z_o = v_o/i_o$. Indicar en cual o cuales de las tres configuraciones, existe desfasaje entre señal de entrada y salida. Analizar para cada conexión las diferencias que surgen en los modelos en pequeña señal debido a los circuitos utilizados para polarizar el transistor, y analizar comparativamente las características y aplicación de cada una de ellas.

e) En el circuito 1, realice el cálculo de a_v , z_i , z_o utilizando el modelo en parámetros híbridos del transistor teniendo en cuenta que $r_x=10\Omega$, $h_{re} \approx 2,5 \times 10^{-4}$ y $h_{oe} \approx 2,5 \times 10^{-5} \text{A/V}$. Analizar las diferencias de valores con los calculados en el ítem d) y elaborar conclusiones sobre la validez de ambos modelos.



2.- En el amplificador de la figura el BJT está polarizado en zona activa:

a) Determinar los parámetros que caracterizan el punto de trabajo del transistor (I_{CQ} , V_{CEQ}) en función de los elementos del circuito.

b) Hallar la expresión de la ganancia ($a_v = v_o/v_i$), de la impedancia de entrada ($z_i = v_i/i_i$) y de la impedancia de salida ($z_o = v_o/i_o$) del amplificador.

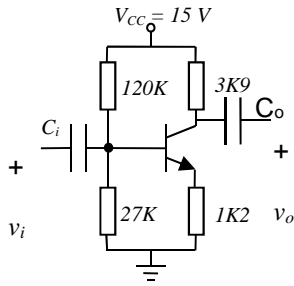
c) Hallar la expresión de la tensión v_i a la entrada si se conecta un generador de señal, v_s , que puede representarse por un generador ideal de valor e_s en serie con una resistencia interna R_s .

Teniendo en cuenta que la ganancia se define como $a_v = v_o/v_i$ donde escribir la expresión de la salida v_o en función de e_s para poner en v_i es la tensión en bornes de la fuente de señal, evidencia el efecto del valor de R_s . Elaborar conclusiones. En todos los casos los valores quedan expresados en función de V_{CC} , R_1 , R_2 , R_C , R_E .

3.- En el circuito de la figura:

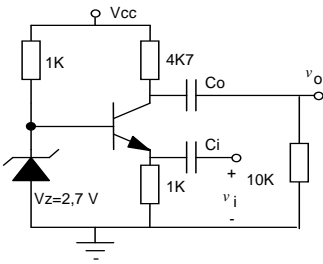
a) Calcular la ganancia de tensión ($a_v = v_o/v_i$), la impedancia de entrada ($z_i = v_i/i_i$) y la impedancia de salida ($z_o = v_o/i_o$) si el transistor tiene $\beta \geq 100$ y la resistencia de dispersión de base es despreciable.

b) Analizar cómo afecta a la tensión de salida la conexión de una fuente de señal con resistencia interna R_s , y una carga de valor R_L . Calcular los valores límites de las mismas para poder considerar su efecto despreciable.



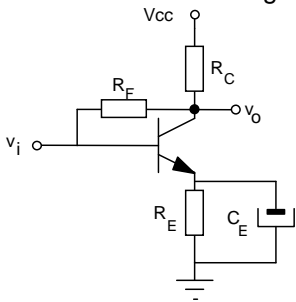
- c) Repetir a) y b) si se agrega un capacitor en paralelo con la resistencia de emisor y analizar comparativamente los resultados.
- d) ¿Cómo se modifica la a_v calculada en a) y c) si R_E disminuye a la mitad?
- e) ¿Cuáles son los capacitores que determinan las frecuencias de corte inferior y superior en ambos casos, con y sin capacitor en paralelo con R_E ?
- f) Realizar diagramas de Bode aproximados para el circuito con y sin capacitor en paralelo con la resistencia de emisor, superponer los diagramas y analizar la forma en que se modifican las frecuencias de corte con el agregado de ese capacitor. Elaborar conclusiones sobre el efecto.

4.- En el siguiente circuito, $V_{CC} = 15\text{ V}$, $R_S = 1\text{ K}\Omega$, el transistor es BC548A, el diodo zener tiene $V_Z = 2,7\text{ V}$ y su resistencia dinámica se estima en 50Ω .

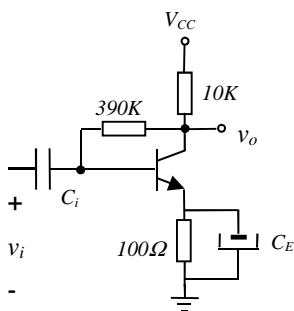


- a) Determinar el punto de trabajo del transistor y analizar la función de los capacitores y analizar las posibles aplicaciones de este circuito.
- b) Determinar la impedancia de entrada, z_i , y la ganancia de tensión, a_v .
- c) Dibujar cualitativamente, indicando los valores típicos, la tensión a la entrada y salida del circuito antes y después de los condensadores.
- e) Analizar la función que cumplen los capacitores y el efecto que se produciría si se conectara directamente la entrada y salida de señal prescindiendo de los capacitores?
- f) Analizar el efecto que produce en el circuito excitar con un generador de señal con resistencia interna $R_S = 10\text{ K}\Omega$.

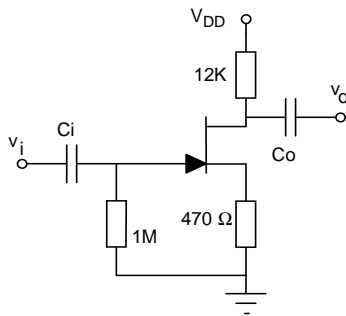
5.- En el circuito de la figura:



- a) Hallar una expresión que ponga en evidencia la dependencia de I_C con la dispersión de parámetros y la temperatura. Analizar y sacar conclusiones acerca de la estabilidad de la etapa y la corriente de polarización del transistor que fija la configuración. Proponer un circuito más estable, justificando la elección.
- b) Excitar la etapa con una señal v_i , agregando los elementos que considere necesarios, y determinar la ganancia de tensión a frecuencias medias.
- c) Analizar la influencia de la desconexión de C_E en la expresión de la ganancia.
- d) Ignorando otros posibles capacitores presentes en el circuito, analizar la influencia del capacitor C_E y dimensionarlo de forma de obtener una frecuencia de corte inferior de 10Hz.
- e) Diseñar una etapa amplificadora a transistor con el esquema de la figura para lograr $a_v \geq 150$. El transistor debe trabajar en el punto Q determinado por: $I_C = 1\text{ mA}$, $V_{CE} = 5\text{ V}$. Suponga $\beta = 200$ y $V_{CC} = 12\text{ V}$.



- 6.- El circuito de la figura se alimenta con $V_{CC} = 25\text{ V}$ y el transistor es un BC548A.
- a) Determinar el punto de trabajo del transistor y calcular la impedancia de entrada z_i y la ganancia de tensión $a_v = v_o/v_i$ a frecuencias medias con y sin C_E .
- b) Determinar las frecuencias de corte con y sin C_E . Analizar el efecto sobre esa respuesta en frecuencia si el generador de señal que excita el circuito tiene una resistencia interna de 10 K . Considerar $C_i = 0,1\mu\text{ F}$, $C_E = 0,47\mu\text{ F}$.



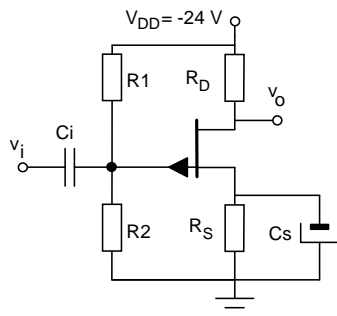
7.- El amplificador de la figura emplea un JFET de canal N con los siguientes parámetros: $I_{DSS} = 3 \text{ mA}$, $V_P = -2,4 \text{ V}$. $V_{DD} = 30 \text{ V}$, $r_{DS} \gg 12 \text{ K}$.

- Determinar el punto de trabajo del transistor (V_{GS} , I_D , V_{DS}), y la ganancia de tensión en pequeña señal, a_v . Repetir si la resistencia de fuente de 470Ω se desacopla con un capacitor.
- Analice la función de C_i y justifique su inclusión.
- Comparar la ganancia de este circuito con la de un amplificador a BJT con $\beta \geq 100$, $R_C = 12 \text{ K}$ y $R_E = 470 \Omega$, alimentado con igual fuente y con una corriente similar en el punto de trabajo.

8.- Diseñar una etapa amplificadora con BJT en emisor común de forma tal que amplifique al menos 20 veces una señal que como máximo tiene 100 mV si se dispone de $V_{CC} = 24 \text{ V}$ y de un transistor $BC548C$. Una vez diseñado, determinar el máximo nivel de señal admisible en la entrada para que el transistor trabaje siempre en zona lineal, y la máxima resistencia de carga para poder considerar su efecto despreciable. Graficar el esquema del circuito indicando las conexiones de la fuente de señal y de la carga. Analizar la influencia de las capacidades en la respuesta en frecuencia del circuito y hacer un gráfico cualitativo de la misma, y adoptar los valores de capacidad necesarios para que la frecuencia inferior sea menor que 500 Hz . Analizar si es posible rediseñar el amplificador para acople directo de la señal de entrada si, por ejemplo, se dispone de una fuente partida de $\pm 12 \text{ V}$.

9.- Un MOSFET de empobrecimiento con $V_P = -3 \text{ V}$ responde a una expresión de corriente $I_D = 2(1 - V_{GS}/V_P)^2 \text{ mA}$, y presenta una $r_{DS} \approx 10 \text{ K}\Omega$. Diseñar el circuito para implementar un amplificador en clase A con máxima ganancia si el MOSFET debe estar polarizado con $V_{GS} = -2 \text{ V}$ y $V_{DD} = 10 \text{ V}$, y determinar la ganancia.

10.- Un MOSFET de enriquecimiento de canal N ($V_T = 1 \text{ V}$; $I_D = 1,2 \text{ mA}$ @ $V_{GS} = 2 \text{ V}$) se utiliza en un amplificador con carga de $10 \text{ K}\Omega$. Si se alimenta con $V_{DD} = 20 \text{ V}$ y se excita con una señal senoidal de 200 mV de pico, diseñar el circuito tal que se obtenga máxima ganancia sin deformación y determinar la ganancia de tensión.



11.- El J-FET del amplificador de la figura es un $2N5460$, cuyos parámetros son: $6 \geq V_P \geq 0,75 \text{ V}$, $-1 \geq I_{DSS} \geq -5 \text{ mA}$, $r_{DS} \approx 13 \text{ K}\Omega$. Teniendo en cuenta la dispersión de parámetros, determinar las resistencias de polarización para que $I_D \approx 500 \mu\text{A} \pm 20\%$, la ganancia en pequeña señal y el valor de R_D que permite máxima excursión de salida, para el punto dado.

Explicar cómo varía el punto Q si R_2 aumenta.

Determinar la frecuencia superior de corte, si $C_{GS} = 5 \text{ pF}$ y $C_{GD} = 2 \text{ pF}$.

Graficar v_o si v_i es una onda cuadrada de frecuencia igual al doble de la frecuencia inferior de corte.

12.- En el circuito de la figura $Q1$ y $Q2$ forman un par complementario

$$V_{BE1,2(ON)} = 0,7 \text{ V} \quad V_{CE1,2(SAT)} = 0,2 \text{ V}$$

- Analizar el funcionamiento y graficar $v_o = f(v_i)$ indicando valores característicos de ambas ondas.
- Si $V_{CC} = 10 \text{ V}$ graficar $v_o(t)$ si:
 - $v_i = 5 \text{ V sen } \omega t$
 - $v_i = 15 \text{ V sen } \omega t$
- Si se reemplazan los BJT por MOSFET de enriquecimiento que también conformen un par complementario repetir los ítems a) y b).

