

Laboratorio de Electrónica II

Método de evaluación

Integración de la calificación.

En cada práctica: **Experimento + Reporte: 100 %**

La asistencia y aprobación del laboratorio son **OBLIGATORIAS** para acreditar la Materia Teórica.

Formato de entrega de reportes

Los reportes deberán ser escritos a mano con tinta negra en un cuaderno especialmente dedicado a las prácticas de Electrónica II. Se escribirán con la puntuación y la ortografía correctas. Al inicio de cada práctica el profesor firmará la portada de la práctica a realizar en el cuaderno de cada alumno, lo cual servirá para amparar la asistencia del alumno a la práctica correspondiente. Las anotaciones, gráficas, diagramas comentarios, cálculos, etc. realizados durante el transcurso de la práctica deberán anotarse “en sucio” en el cuaderno de prácticas, es decir toda la información recabada durante el desarrollo de las prácticas deberá aparecer en el cuaderno de reportes. El reporte final de cada práctica deberá entregarse “en limpio” en la sesión siguiente y deberá estar basado en la información plasmada en el cuaderno.

Las gráficas deberán dibujarse a escala y deberán incluir las unidades y variables en cada eje, así como el título de la gráfica. Los trazos de diferentes comportamientos deberán ser claramente diferenciados, es decir se deberán incluir patrones de trazo diferente o trazos con colores diferentes perfectamente distinguibles.

Contenido del reporte

Objetivo Explicar el objetivo de la práctica en base a la teoría vista en clase (que se pretende comprobar)

Introducción Agregar teoría referente a los experimentos desarrollados (ampliar la teoría incluida en el instructivo).

Material y Equipo Enumerar de forma específica tanto el material como el equipo utilizado para desarrollar la práctica

Desarrollo Explicar los procedimientos que se siguieron al realizar la práctica.

Conclusiones Todo tipo de comentarios (positivos y negativos) acerca del desarrollo de la práctica formas de mejorarla y/o soluciones alternativas para cumplir con el objetivo de la misma.

Gráficas, figuras y tablas Se debe emplear la misma escala en todas las gráficas y en caso necesario se pueden agregar gráficas complementarias con acercamientos para explicar un fenómeno en particular.

Aclaraciones

- El plazo máximo de entrega de reportes es de una semana a partir de la fecha de realización de la práctica. Pasada la fecha de entrega NO se recibirá ningún reporte.
- No cumplir con el formato establecido irá en detrimento de la calificación del trabajo.
- La portada tendrá el formato que se indica en la siguiente página. No incluya ningún otro dato en la portada. Esto es con el fin de facilitar su revisión.

Universidad Autónoma de Baja California



Facultad de Ingeniería - Ensenada



Laboratorio de Electrónica II

Práctica No.

Carrera: Ingeniería Electrónica

Semestre:

Alumno:

Profesor: Miguel Enrique Martínez Rosas

Ensenada, Baja California a xxx de yyy de zzzz.

Punto de Operación Q en Amplificadores en configuración Emisor-Común (E-C) Básicos (Práctica # 1)

Objetivo

Familiarizarse con la polarización y funcionamiento de un amplificador emisor común (EC) en sus tres configuraciones básicas.

Introducción

El transistor es un dispositivo que puede elevar el nivel de una señal de ca de entrada sin la ayuda de una fuente de energía externa. En realidad, el nivel de potencia de salida de ca mejorado es resultado de una transferencia de energía proveniente de las fuentes de cd aplicadas. Es por esto que el análisis o diseño de cualquier amplificador electrónico se divide en dos partes, la porción de cd y la porción de ca .

Para los amplificadores a analizar, la corriente de cd y los voltajes resultantes establecen un punto de operación sobre las características que define la región que será empleada para la amplificación de la señal aplicada. Debido a que el punto de operación es un punto fijo sobre las curvas características, se le denomina también como punto de reposo (Q , “quiescent point”).

Una vez que se selecciona un transistor se debe tomar en cuenta el efecto de la temperatura. La temperatura causa que los parámetros del dispositivo como la ganancia de corriente del transistor y la corriente de la fuga del mismo se

modifiquen. Mayores temperaturas provocan un incremento en las corrientes de fuga del dispositivo con lo que se modifica la condición de operación establecida por la red de polarización. La consecuencia de esto es que el diseño de la red deberá proporcionar también un grado de estabilidad en temperatura de manera que los cambios de temperatura provoquen las menores modificaciones en el punto de operación. La conservación del punto de operación puede especificarse mediante un factor de estabilidad el cual indica el grado de cambio en el punto de operación debido a una variación de temperatura.

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Transistor 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro
- 1 Amperímetro
- 4 Cables para Amperímetro
- Resistencias

Procedimiento

1. Calcule los valores de las resistencias para los amplificadores mostrados en la Figura 1 con el procedimiento visto en clase.
2. Arme los circuitos mostrados en la Figura 1 utilizando los valores de componentes previamente calculados.
3. Conecte el Amperímetro y el Voltímetro para medir la corriente I_C y el voltaje V_{CE} de cada uno de los circuitos.
4. Trace las recta de carga para cada circuito y dibuje su punto de operación respectivo.

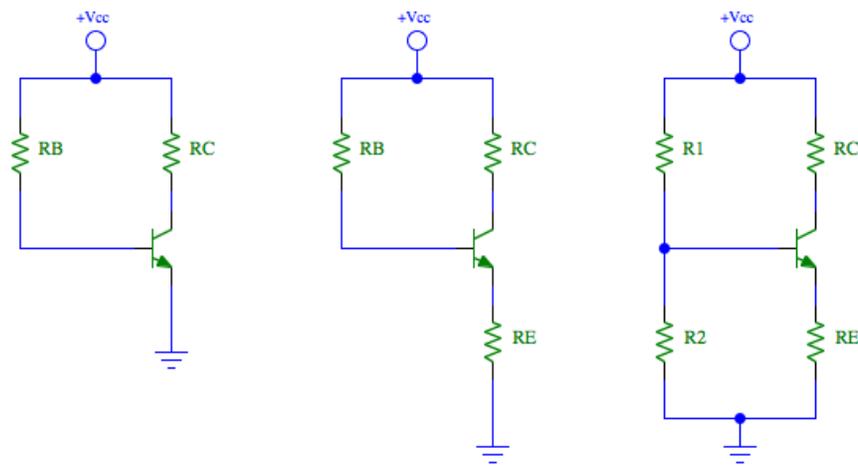


Figura 1: Amplificadores básicos en configuración Emisor-Común.

Estabilidad del Punto de Operación Q con respecto a la temperatura en Amplificadores en configuración Emisor-Común (E-C) Básicos (Práctica # 2)

Objetivo

Familiarizarse con la estabilidad de la polarización y funcionamiento de un amplificador emisor común (EC) en sus tres configuraciones básicas.

Introducción

El transistor es un dispositivo que puede elevar el nivel de una señal de ca de entrada sin la ayuda de una fuente de energía externa. En realidad, el nivel de potencia de salida de ca mejorado es resultado de una transferencia de energía proveniente de las fuentes de cd aplicadas. Es por esto que el análisis o diseño de cualquier amplificador electrónico se divide en dos partes, la porción de cd y la porción de ca .

Para los amplificadores a analizar, la corriente de cd y los voltajes resultantes establecen un punto de operación sobre las características que define la región que será empleada para la amplificación de la señal aplicada. Debido a que

el punto de operación es un punto fijo sobre las curvas características, se le denomina también como punto de reposo (Q , “quiescent point”).

Una vez que se selecciona un transistor se debe tomar en cuenta el efecto de la temperatura. La temperatura causa que los parámetros del dispositivo como la ganancia de corriente del transistor y la corriente de la fuga del mismo se modifiquen. Mayores temperaturas provocan un incremento en las corrientes de fuga del dispositivo con lo que se modifica la condición de operación establecida por la red de polarización. La consecuencia de esto es que el diseño de la red deberá proporcionar también un grado de estabilidad en temperatura de manera que los cambios de temperatura provoquen las menores modificaciones en el punto de operación. La conservación del punto de operación puede especificarse mediante un factor de estabilidad el cual indica el grado de cambio en el punto de operación debido a una variación de temperatura.

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Transistor 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro
- 1 Voltímetro con capacidad para medir temperatura con Termopar
- 1 Termopar (ver Figura 2)
- 1 Amperímetro
- 4 Cables para Amperímetro
- Resistencias
- 1 Cautín

Procedimiento

1. Calcule los valores de las resistencias para los amplificadores mostrados en la Figura 3 con el procedimiento visto en clase.
2. Arme los circuitos mostrados en la Figura 3 utilizando los valores de componentes previamente calculados.

3. Conecte el Amperímetro y el Voltímetro para medir la corriente I_C y el voltaje V_{CE} de cada uno de los circuitos.
4. Mida el punto Q (V_{CEQ}, I_{CQ}) para cada una de las configuraciones mostradas en la Figura 3 a por lo menos 4 temperaturas diferentes
5. Una el termopar al transistor enrollandolo a la carcasa externa con un alambre de cobre como se muestra en la Figura 4 y utilice un cautín para incrementar la Temperatura del transistor
6. Mida el valor de la temperatura del transistor con ayuda del termopar (ver Figura 5)
7. Trace las recta de carga para cada circuito y dibuje los puntos de operación respectivos a cada temperatura.

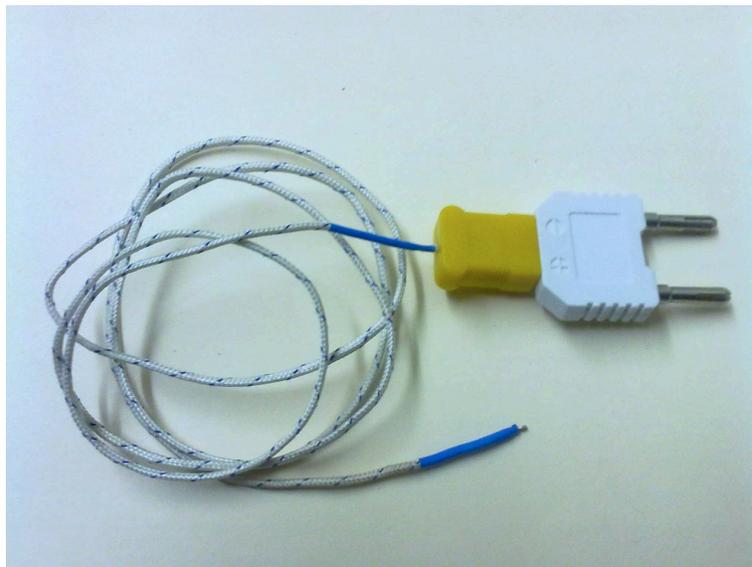


Figura 2: Termopar.

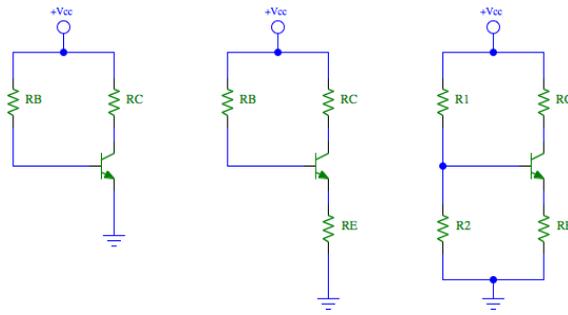


Figura 3: Amplificadores básicos en configuración Emisor-Común.

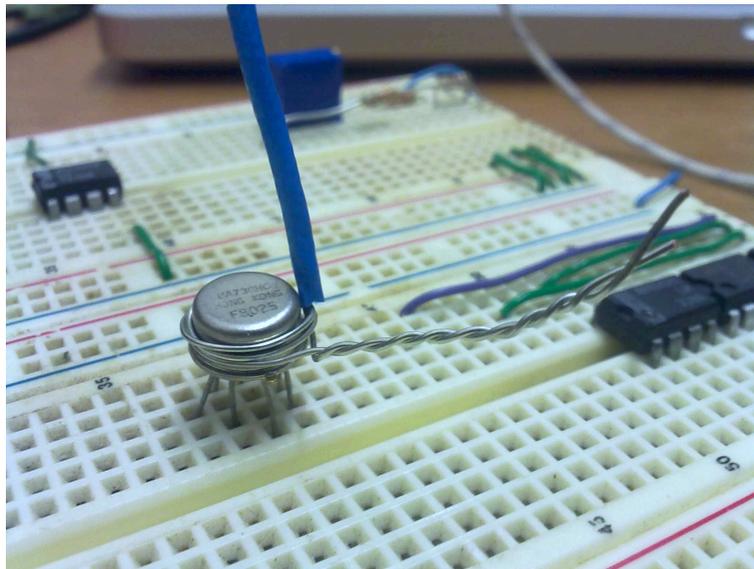


Figura 4: Detalle del alambre de cobre enrollado sobre el transistor con el termopar.

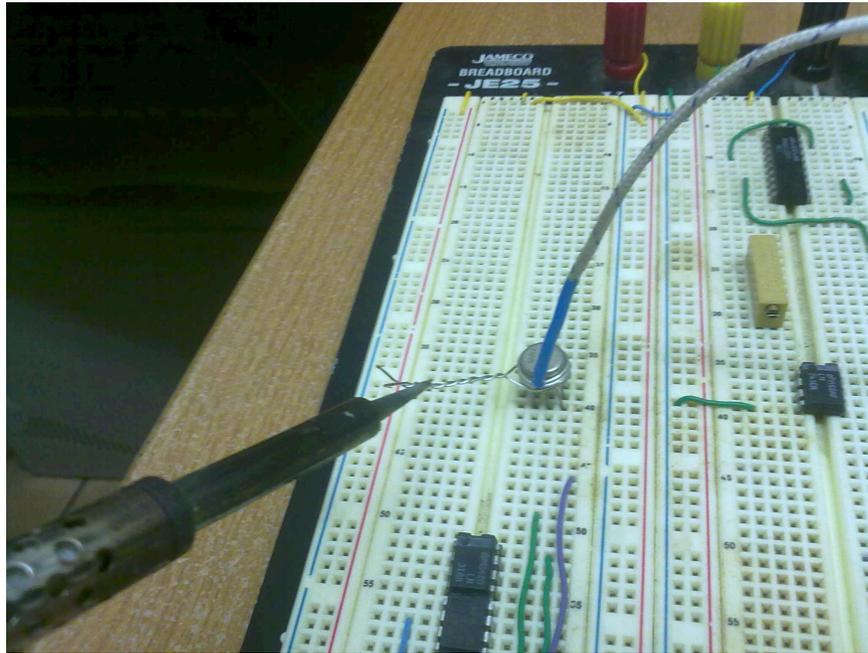


Figura 5: Forma de aumentar la temperatura en el transistor con ayuda del cautín, observe que no se toca al transistor directamente con la punta del cautín, sino que se transfiere el aumento de temperatura a través de un alambre de cobre enrollado.

Amplificación de señales de corriente alterna (Práctica # 3)

Objetivo

Familiarizarse con el funcionamiento de un amplificador emisor común (EC) en sus tres configuraciones básicas cuando se le inyectan señales de corriente alterna.

Introducción

El diseño de un amplificador siempre debe tener en cuenta la tensión de entrada disponible y la impedancia de entrada, así como la tensión de salida deseada y la resistencia de carga. Cuando las excursiones de corriente y tensión colector-emisor son muy pequeñas, el transistor puede considerarse lineal y reemplazarse, a efecto de análisis, por circuitos equivalentes para pequeña señal.

El cálculo de amplificadores de tensión o corriente para pequeña señal se divide en dos partes:

Análisis en corriente continua (c.c.).- Consiste en establecer la paralización de corriente continua, o sea, hallar el punto de reposo adecuado. Para esto se usa el método gráfico.

Análisis en corriente alterna (c.a.).- Esta parte incluye los cálculos de amplificación e impedancia a la frecuencia de la señal, es aquí donde se utiliza el circuito equivalente para pequeña señal.

Los elementos del circuito equivalente pueden deducirse de la composición interna del dispositivo o de las propiedades en sus terminales. En la mayor parte de las aplicaciones los parámetros híbridos son los más útiles porque pueden medirse fácilmente. El significado físico de estos parámetros puede obtenerse a partir de las curvas de entrada y salida del circuito y son:

h_f : (A_i en corto circuito)

h_i : ($Z_{entrada}$ en corto circuito)

h_r : (A_v^{-1} en circuito abierto)

h_o : (Y_{salida} en circuito abierto)

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Osciloscopio
- 2 Puntas para Osciloscopio
- 1 Generador de funciones
- 1 Punta para Generador de funciones
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro
- 1 Amperímetro
- 2 Cables para Amperímetro
- 1 Transistor 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- Resistencias
- Capacitores

Procedimiento

1. Diseñe un amplificador en configuración E-C para excursión simétrica máxima como el mostrado en el diagrama de la Figura 6 (utilizar el valor de β obtenido en la práctica 1).
2. Haga el análisis de pequeña señal y calcule el parámetro h_{ie} . Calcule la ganancia en corriente y voltaje.
3. Conecte su amplificador y mida las condiciones de reposo, trace la recta de carga y compare con los valores calculados.
4. Inyecte una señal de c.a. que no sature la salida.
5. Mida las señales de entrada y salida en el osciloscopio y dibuje los resultados tomando en cuenta las escalas de medición.

6. Reduzca la frecuencia de la señal de entrada, observe la señal de salida y explique el comportamiento.
7. Aumente la frecuencia de la señal, explique el cambio en la señal de salida.

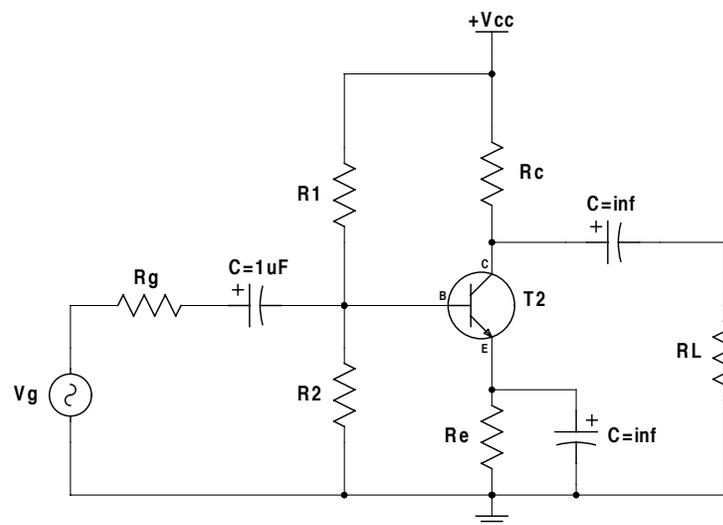


Figura 6: Amplificador básico en configuración Emisor-Común con capacitores ideales.

Modificación de Ganancia debida al Capacitor C_1 (Práctica # 4a)

Objetivo

Encontrar la frecuencia de corte y observar el comportamiento del circuito para valores inferiores y superiores a dicha frecuencia, midiendo su magnitud y fase correspondiente.

Introducción

La respuesta a baja frecuencia del amplificador en configuración en emisor común esta determinada por el capacitor de desacopio de emisor C_E y los capacitores de acoplamiento C_1 y C_2 . Usualmente, en los circuitos amplificadores a transistor, el capacitor de acoplamiento C_1 limita la respuesta en baja frecuencia.

Estos capacitores de acoplamiento, son externos al transistor y producen el descenso de la respuesta en baja frecuencia del amplificador debido a su impedancia equivalente, que llega a ser grande en frecuencias bajas.

Para cada circuito, existe una banda de frecuencias en la que la magnitud de la ganancia es igual o relativamente cercana al valor de la banda media ($|A| = |A_m|$). Para fijar las fronteras de frecuencia a una ganancia relativamente alta se selecciona 0.7071 como la ganancia para los niveles de corte, dicha frecuencia (ω_c) también es conocida como frecuencia de media potencia, ya que el nivel de potencia de salida a la frecuencia ω_c corresponde a la mitad de la potencia de salida obtenida en la banda media.

Los amplificadores en configuración *Emisor-Común* introducen un desplazamiento de fase de 180° entre la señal de entrada y la señal de salida. Este caso solo ocurre para la región de banda media. Para bajas frecuencias, existe un desplazamiento de fase tal que desfasa a V_i por un ángulo mayor. Para altas frecuencias, el desplazamiento de fase cae por debajo de 180° .

La ganancia del amplificador, considerando los valores reales de C_1 está dada por:

$$A_I = \left(\frac{1}{1 - j \frac{\omega_{C1}}{\omega}} \right) \cdot A_{Im}$$

$$\omega_{C1} = \frac{1}{C_1 \cdot (R_g + R_b || h_{ie})}$$

Recuerde también que:

$$|H(j\omega)| = \frac{|NUM(j\omega)|}{|DEN(j\omega)|} = \frac{\sqrt{Re[NUM]^2 + Im[NUM]^2}}{\sqrt{Re[DEN]^2 + Im[DEN]^2}}$$

$$|H(j\omega)|_{dB} = 20 \log_{10} |H(j\omega)|$$

$$\theta(j\omega) = \arctan \left(\frac{Im[NUM]}{Re[NUM]} \right) - \arctan \left(\frac{Im[DEN]}{Re[DEN]} \right)$$

Para facilitar la organización de sus datos medidos llene una gráfica como la mostrada a continuación:

ω	$ H(j\omega) $	$ H(j\omega) _{dB}$	$\theta(j\omega)$	\rightarrow
$1000\omega_c$				
$100\omega_c$				
$10\omega_c$				
ω_c				
$\frac{\omega_c}{10}$				
$\frac{\omega_c}{100}$				
$\frac{\omega_c}{1000}$				

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Osciloscopio
- 2 Puntas para Osciloscopio
- 1 Generador de funciones
- 1 Punta para Generador de funciones
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro
- 1 Amperímetro

- 2 Cables para Amperímetro
- 1 Transistor 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- Resistencias
- Capacitores

Procedimiento

1. Arme el circuito mostrado en la figura 7 empleando los valores de componentes calculados en la práctica 3.
2. Utilice valores de $C_2 = C_E \geq 400 \mu\text{F}$ y $C_1 = 0.1 \mu\text{F}$.
3. Conecte el canal uno del osciloscopio en la entrada y el canal dos en la salida del circuito.
4. Dibuje las formas de onda obtenidas incluyendo las escalas y condiciones empleadas en el osciloscopio.
5. Haga una tabla con los valores de Magnitud (lineal y en dB) y Fase para las siguientes frecuencias:
 - a) $\omega = 100\omega_{c1}$
 - b) $\omega = 10\omega_{c1}$
 - c) $\omega = \omega_{c1}$
 - d) $\omega = \frac{\omega_{c1}}{10}$
 - e) $\omega = \frac{\omega_{c1}}{100}$
6. Trace las gráficas de Bode de Magnitud y Fase.

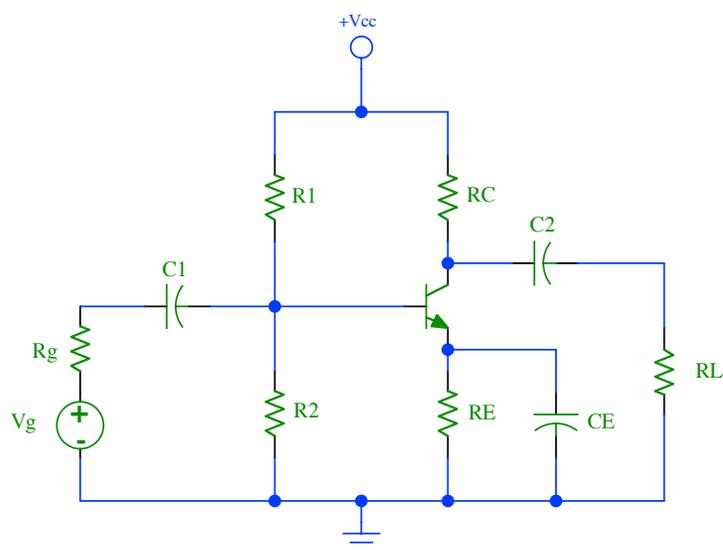


Figura 7: Amplificador en configuración *Emisor-Común* con capacitor C_1 para compensación de ganancia ($C_2 = C_E = \infty$).

Modificación de Ganancia debida al Capacitor C_2 (Práctica # 4b)

Objetivo

Encontrar la frecuencia de corte y observar el comportamiento del circuito para valores inferiores y superiores a dicha frecuencia, midiendo su magnitud y fase correspondiente.

Introducción

La respuesta a baja frecuencia del amplificador en configuración en emisor común esta determinada por el capacitor de desacopio de emisor C_E y los capacitores de acoplamiento C_1 y C_2 . Usualmente, en los circuitos amplificadores a transistor, el capacitor de acoplamiento C_2 limita la respuesta en baja frecuencia.

Estos capacitores de acoplamiento, son externos al transistor y producen el descenso de la respuesta en baja frecuencia del amplificador debido a su impedancia equivalente, que llega a ser grande en frecuencias bajas.

Para cada circuito, existe una banda de frecuencias en la que la magnitud de la ganancia es igual o relativamente cercana al valor de la banda media ($|A| = |A_m|$). Para fijar las fronteras de frecuencia a una ganancia relativamente alta se selecciona 0.7071 como la ganancia para los niveles de corte, dicha frecuencia (ω_c) también es conocida como frecuencia de media potencia, ya que el nivel de potencia de salida a la frecuencia ω_c corresponde a la mitad de la potencia de salida obtenida en la banda media.

Los amplificadores en configuración *Emisor-Común* introducen un desplazamiento de fase de 180° entre la señal de entrada y la señal de salida. Este caso solo ocurre para la región de banda media. Para bajas frecuencias, existe un desplazamiento de fase tal que desfasa a V_i por un ángulo mayor. Para altas frecuencias, el desplazamiento de fase cae por debajo de 180° .

La ganancia del amplificador, considerando los valores reales de C_2 está dada por:

$$A_I = \left(\frac{1}{1 - j \frac{\omega_{C2}}{\omega}} \right) \cdot A_{Im}$$

$$\omega_{C2} = \frac{1}{C_2(R_C + R_L)}$$

Recuerde también que:

$$|H(j\omega)| = \frac{|NUM(j\omega)|}{|DEN(j\omega)|} = \frac{\sqrt{Re[NUM]^2 + Im[NUM]^2}}{\sqrt{Re[DEN]^2 + Im[DEN]^2}}$$

$$|H(j\omega)|_{dB} = 20 \log_{10} |H(j\omega)|$$

$$\theta(j\omega) = \arctan \left(\frac{Im[NUM]}{Re[NUM]} \right) - \arctan \left(\frac{Im[DEN]}{Re[DEN]} \right)$$

Para facilitar la organización de sus datos medidos llene una gráfica como la mostrada a continuación:

ω	$ H(j\omega) $	$ H(j\omega) _{dB}$	$\theta(j\omega)$	\rightarrow
$1000\omega_c$				
$100\omega_c$				
$10\omega_c$				
ω_c				
$\frac{\omega_c}{10}$				
$\frac{\omega_c}{100}$				
$\frac{\omega_c}{1000}$				

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Osciloscopio
- 2 Puntas para Osciloscopio
- 1 Generador de funciones
- 1 Punta para Generador de funciones
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro

- 1 Amperímetro
- 2 Cables para Amperímetro
- 1 Transistor 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- Resistencias
- Capacitores

Procedimiento

1. Arme el circuito mostrado en la figura 8 empleando los valores de componentes calculados en la práctica 3.
2. Utilice valores de $C_1 = C_E \geq 400 \mu\text{F}$ y $C_2 = 0.1 \mu\text{F}$.
3. Conecte el canal uno del osciloscopio en la entrada y el canal dos en la salida del circuito.
4. Dibuje las formas de onda obtenidas incluyendo las escalas y condiciones empleadas en el osciloscopio.
5. Haga una tabla con los valores de Magnitud (lineal y en dB) y Fase para las siguientes frecuencias:
 - a) $\omega = 100\omega_{c2}$
 - b) $\omega = 10\omega_{c2}$
 - c) $\omega = \omega_{c2}$
 - d) $\omega = \frac{\omega_{c2}}{10}$
 - e) $\omega = \frac{\omega_{c2}}{100}$
6. Trace las gráficas de Bode de Magnitud y Fase.

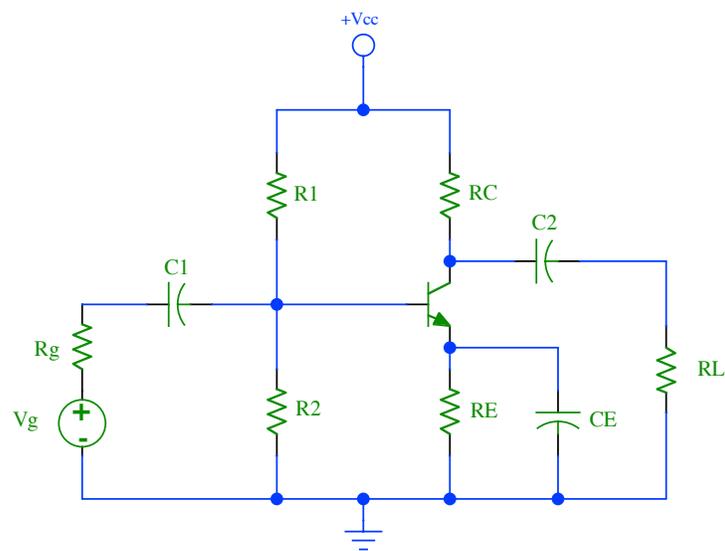


Figura 8: Amplificador en configuración *Emisor-Común* con capacitor C_2 para compensación de ganancia ($C_1 = C_E = \infty$).

Modificación de Ganancia debida al Capacitor C_E (Práctica # 4c)

Objetivo

Encontrar la frecuencia de corte y observar el comportamiento del circuito para valores inferiores y superiores a dicha frecuencia, midiendo su magnitud y fase correspondiente.

Introducción

La respuesta a baja frecuencia del amplificador en configuración en emisor común esta determinada por el capacitor de desacopio de emisor C_E y los capacitores de acoplamiento C_1 y C_2 . Usualmente, en los circuitos amplificadores a transistor, el capacitor de acoplamiento C_E limita la respuesta en baja frecuencia.

Estos capacitores de acoplamiento, son externos al transistor y producen el descenso de la respuesta en baja frecuencia del amplificador debido a su impedancia equivalente, que llega a ser grande en frecuencias bajas.

Para cada circuito, existe una banda de frecuencias en la que la magnitud de la ganancia es igual o relativamente cercana al valor de la banda media ($|A| = |A_m|$). Para fijar las fronteras de frecuencia a una ganancia relativamente alta se selecciona 0.7071 como la ganancia para los niveles de corte, dicha frecuencia (ω_c) también es conocida como frecuencia de media potencia, ya que el nivel de potencia de salida a la frecuencia ω_c corresponde a la mitad de la potencia de salida obtenida en la banda media.

Los amplificadores en configuración *Emisor-Común* introducen un desplazamiento de fase de 180° entre la señal de entrada y la señal de salida. Este caso solo ocurre para la región de banda media. Para bajas frecuencias, existe un desplazamiento de fase tal que desfasa a V_i por un ángulo mayor. Para altas frecuencias, el desplazamiento de fase cae por debajo de 180° .

La ganancia del amplificador, considerando los valores reales de C_E , está dada por:

$$A_I = \left(\frac{1}{1 + \frac{K}{1+j\omega C_E R_E}} \right) \cdot A_{Im}$$

$$K = \frac{R_E(1 + h_{fe})}{R_{eq1} + h_{ie}}$$

Recuerde también que:

$$|H(j\omega)| = \frac{|NUM(j\omega)|}{|DEN(j\omega)|} = \frac{\sqrt{Re[NUM]^2 + Im[NUM]^2}}{\sqrt{Re[DEN]^2 + Im[DEN]^2}}$$

$$|H(j\omega)|_{dB} = 20\log_{10}|H(j\omega)|$$

$$\theta(j\omega) = \arctan\left(\frac{Im[NUM]}{Re[NUM]}\right) - \arctan\left(\frac{Im[DEN]}{Re[DEN]}\right)$$

Para facilitar la organización de sus datos medidos llene una gráfica como la mostrada a continuación:

ω	$ H(j\omega) $	$ H(j\omega) _{dB}$	$\theta(j\omega)$	\rightarrow
$1000\omega_c$				
$100\omega_c$				
$10\omega_c$				
ω_c				
$\frac{\omega_c}{10}$				
$\frac{\omega_c}{100}$				
$\frac{\omega_c}{1000}$				

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Osciloscopio
- 2 Puntas para Osciloscopio
- 1 Generador de funciones
- 1 Punta para Generador de funciones
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro

- 1 Amperímetro
- 2 Cables para Amperímetro
- 1 Transistor 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- Resistencias
- Capacitores

Procedimiento

1. Arme el circuito mostrado en la figura 9 empleando los valores de componentes calculados en la práctica 3.
2. Utilice valores de $C_1 = C_2 \geq 400 \mu\text{F}$ y $C_E = 10 \mu\text{F}$.
3. Conecte el canal uno del osciloscopio en la entrada y el canal dos en la salida del circuito.
4. Dibuje las formas de onda obtenidas incluyendo las escalas y condiciones empleadas en el osciloscopio.
5. Haga una tabla con los valores de Magnitud (lineal y en dB) y Fase para las siguientes frecuencias:
 - a) $\omega = 100\omega_{cE}$
 - b) $\omega = 10\omega_{cE}$
 - c) $\omega = \omega_{cE}$
 - d) $\omega = \frac{\omega_{cE}}{10}$
 - e) $\omega = \frac{\omega_{cE}}{100}$
6. Trace las gráficas de Bode de Magnitud y Fase.

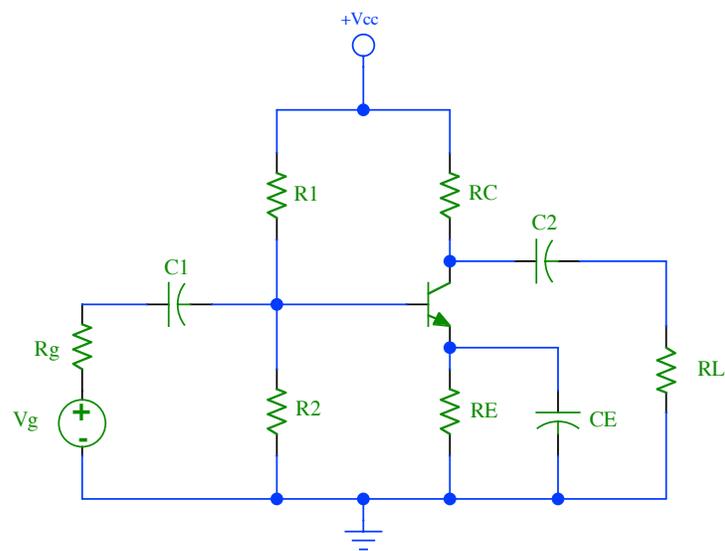


Figura 9: Amplificador en configuración *Emisor-Común* con capacitor C_E para compensación de ganancia ($C_1 = C_2 = \infty$).

Amplificador de simetría complementaria (Práctica # 5)

Objetivo

Familiarizarse con los circuitos amplificadores de simetría complementaria (*Push-pull*).

Introducción

En el circuito de simetría complementaria se utiliza un transistor NPN y otro PNP, ambos polarizados en clase “B”. En un amplificador de clase B, la corriente continua de colector es menor que el valor de pico de la alterna. Ello da lugar a una menor disipación en el colector y un aumento del rendimiento.

La señal positiva aplicada a la entrada origina que el transistor NPN conduzca, causando que la corriente fluya a través de la carga R_L . En esta etapa la corriente de salida está en fase con la señal de entrada. La porción negativa aplicada a la señal de entrada provoca que el transistor PNP conduzca causando que fluya corriente a través de R_L .

El circuito de simetría complementaria funciona de una manera muy similar a un amplificador de clase “B”, y tiene la ventaja de que no fluye corriente a través de R_L , si no se aplica señal a la entrada, además no requiere de un transformador de salida a la carga R_L .

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Osciloscopio

- 2 Puntas para Osciloscopio
- 1 Generador de funciones
- 1 Punta para Generador de funciones
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro
- 1 Amperímetro
- 2 Cables para Amperímetro
- 1 Transistor NPN 2N2222 (o equivalente) y su complementario PNP
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- Resistencias
- Capacitores

Procedimiento

1. Calcular los valores de los elementos y armar el circuito mostrado en diagrama de la Figura 10.
2. Varié la señal V_i (desde -6 V hasta +6 V dc).
3. Realice una tabla de V_o contra V_i .
4. Trace la magnitud de la función de transferencia con los datos obtenidos.
5. Quite la señal de entrada V_i y aplique una señal senoidal de 6 Vpp a una frecuencia igual a 500 Hz.
6. Grafique las formas de onda de entrada y salida.
7. ¿Existe distorsión en la señal de salida?
8. Calcule los valores del circuito y compárelos con los mostrados.
9. Polarice el circuito y ajuste R_3 hasta obtener una caída de 0.3 V a través de la misma.
10. Inyecte una señal $V_i(t) = V_m \text{Sen}(\omega t)$ con una frecuencia de 1 kHz y $V_m = 1$ Vpp y observe la salida.
11. Dibuje las señales de entrada y salida para V_o desde 0 Vpp hasta 5 Vpp variando la señal de entrada a intervalos de 1 Vpp.
12. Fije V_i a 1 Vpp y 1 kHz, disminuya R_3 y observe V_o hasta que se tenga una diferencia de la señal.
13. Repita el mismo procedimiento para el circuito de la Figura 11.

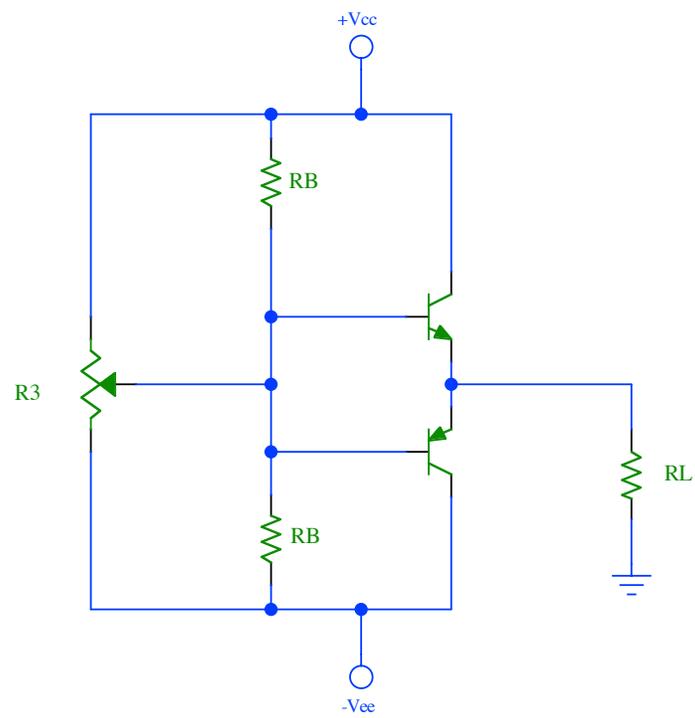


Figura 10: Amplificador en configuración de simetría complementaria “*push-pull*”.

Amplificador Diferencial. (Práctica # 6)

Objetivo

Familiarizarse con el funcionamiento de un amplificador diferencial.

Introducción

La figura 12 muestra un circuito atractivo para realizar conmutación de muy alta velocidad este circuito evita el tiempo de saturación del transistor y logra así tiempos de conmutación mas rápidos, debido a tal característica se usa en circuitos integrados de alta velocidad.

El amplificador diferencial es un circuito versátil que sirve como etapa de entrada para la mayoría de los amplificadores operacionales y también encuentra su aplicación en circuitos integrados tan diversos como el comparador y la puerta lógica acoplada por emisor.

La importancia del amplificador diferencial estriba en el hecho de que las salidas son proporcionales a la diferencia entre las dos señales de entrada. Así pues, el circuito se puede utilizar para amplificar la diferencia entre las dos entradas o amplificar una sola entrada conectando simplemente a tierra la otra entrada.

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Osciloscopio
- 2 Puntas para Osciloscopio
- 1 Generador de funciones
- 1 Punta para Generador de funciones

- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro
- 1 Amperímetro
- 2 Cables para Amperímetro
- 3 Transistores NPN 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- Resistencias
- Capacitores

Procedimiento

1. Calcule los valores de los componentes con el procedimiento mostrado en clase
2. Arme el circuito mostrado en el diagrama de la Figura 12, haciendo $V_2 = 0$ (es decir sustituya la fuente V_2 por una conexión a tierra).
3. Inyecte una señal de $V_1 = 1$ Vpp a una frecuencia igual a 1kHz.
4. Registre los voltajes en V_{c1} y V_{c2} .
5. Explique ¿Por qué existe una señal diferente en lugar de la misma forma que la señal de entrada?
6. Remueva la señal senoidal de T_1 y aplíquela a T_2 .
7. Registrar ahora V_{c1} , V_{c2} y anote que sucede.
8. Arme el circuito mostrado en el diagrama de la Figura 12, haciendo $V_1 = 0$ (es decir sustituya la fuente V_1 por una conexión a tierra) e inyecte una señal de $V_2 = 1$ Vpp a una frecuencia igual a 1kHz.
9. Registre V_{c1} y V_{c2} .
10. ¿Qué sucede si se aplican señales desfasadas 180° (una con respecto a la otra) a cada entrada T_1 y T_2 .
11. Realice los cálculos y verifique los valores de las componentes.
12. Trace las rectas de carga de cd , ac , punto de operación. Calculado y experimental.
13. ¿Qué ventajas presenta este amplificador con respecto a los que ha visto en prácticas anteriores?

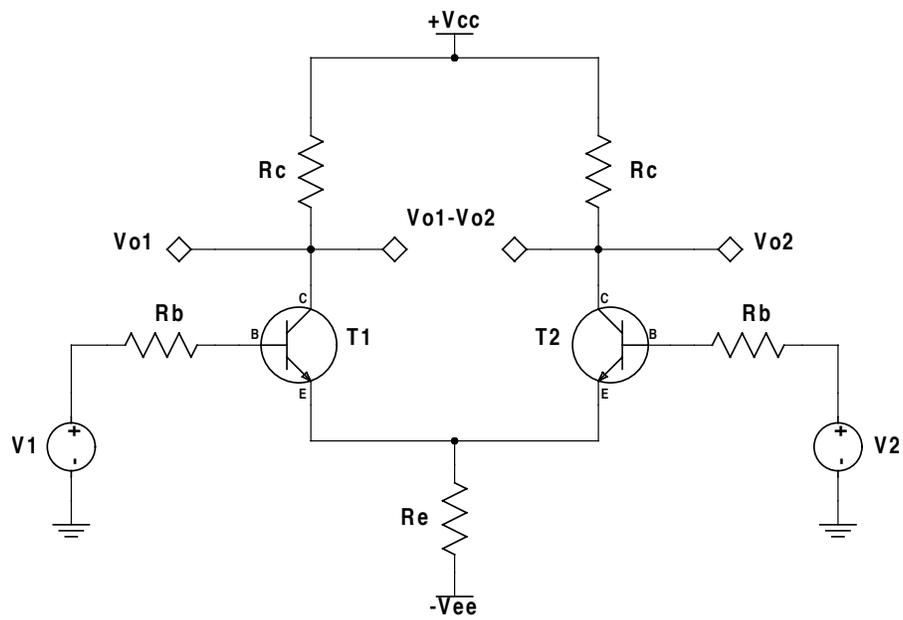


Figura 12: Amplificador diferencial básico.

Fuentes de corriente constante. (Práctica # 7)

Objetivo

Familiarizarse con el funcionamiento de fuentes de corriente y circuitos de ganancia en cascada.

Introducción

Los transistores bipolares pueden conectarse de varias maneras en un circuito que actúa como una fuente de corriente constante. También se pueden utilizar resistencias y un transistor NPN para que opere como un circuito de corriente constante.

Un circuito de espejo de corriente proporciona una corriente constante y se utiliza principalmente en circuitos integrados. La corriente se obtiene a partir de una corriente de salida que es el reflejo o espejo de una corriente constante que se desarrolló en la otra rama del circuito.

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 3 Transistores 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*protoboard*)
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro

- 1 Amperímetro
- 4 Cables para Amperímetro
- Resistencias
- 6 Diodos Emisores de Luz (LEDs)
- 1 Diodos Zener con $V_Z = 1.7$ V (o el de menor valor pero con $V_Z \geq 1$ V disponible comercialmente)

Procedimiento

1. Calcule los valores de los elementos para que la fuente de corriente proporcione una corriente constante de 20 mA
2. Utilice las siguientes ecuaciones para realizar los cálculos:

$$P_Z = V_Z I_{Z_{max}}$$

$$I_{Z_{nom}} = 0.6 I_{Z_{max}}$$

$$R_{Z_{nom}} = \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{Z_{max}}}$$

$$V_Z = V_{BE} + I_L R_E$$

$$R_E = \frac{V_Z - V_{BE}}{I_L}$$

3. Calcular el valor máximo y mínimo de R_L , recuerde que la corriente de salida (I_L) debe ser constante.

$$V_{CC} = I_L R_L + V_{CE} + I_L R_E$$

$$R_L = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_L} - R_E$$

4. Arme el circuito mostrado en la Figura 13
5. Mida la corriente de salida empleando las resistencias de carga siguientes:
 - a) $R_L = \frac{R_{L_{max}}}{2}$
 - b) $R_L = \frac{R_{L_{max}}}{10}$
 - c) $R_L = R_{L_{max}}$
 - d) $R_L = 2R_{L_{max}}$
 - e) $R_L = 0$ (corto circuito)
6. Cambie la R_L por un LED y anote sus observaciones
7. Agregue un LED en serie y anote sus observaciones

8. Repita el paso anterior hasta que ya no encienda el arreglo de LEDs
9. Repita todo el procedimiento pero ahora empleando el circuito mostrado en la Figura 14

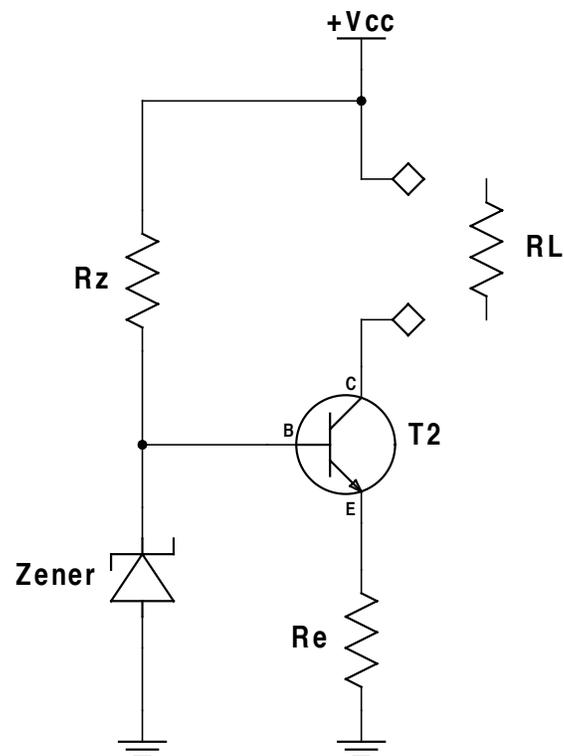


Figura 13: Configuración de fuente de corriente con diodo Zener.

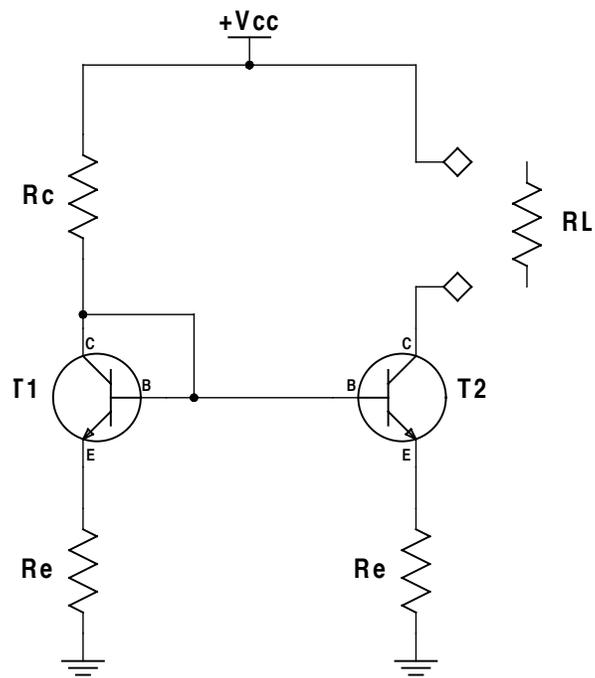


Figura 14: Configuración de fuente de corriente tipo *espejo de corriente*.

Amplificador diferencial con fuente de corriente constante.

(Práctica # 8)

Objetivo

Familiarizarse con el funcionamiento de un amplificador diferencial con fuente de corriente constante.

Introducción

En un amplificador diferencial ideal la tensión de salida es proporcional al voltaje en modo diferencial V_d y no depende de la tensión de modo común V_a . Según esto, en un amplificador diferencial ideal la ganancia en modo común es $A_a = 0$. Esta condición no se puede cumplir en la práctica ya que para tener una $A_a = 0$, el valor de la R_E tendría que ser infinita. Con el fin de medir la desviación con respecto al ideal, se utiliza una cantidad denominada razón de rechazo en modo común (RRMC), la cual se define como la relación entre la ganancia de modo diferencial y la ganancia de modo común.

$$RRMC = \frac{A_d}{A_a}$$

Para hallar el valor máximo de RRMC se considera que:

$$RRMC = \frac{R_E}{\frac{R_B}{\beta} + \frac{h_{ie}}{\beta}} = \frac{R_E}{\frac{R_B}{\beta} + \frac{V_T}{I_{EQ}}}$$

En donde $V_T = 25$ mV, pero si $\frac{R_B}{\beta}$ es muy pequeña, entonces:

$$RRMC \approx \frac{R_E I_{EQ}}{V_T}$$

Así pues, únicamente se puede aumentar la RRMC aumentando $R_E I_{EQ}$, que sería la caída de tensión en R_E . Este proceso entonces, resultaría limitado por la disipación de potencia en R_E , la tensión disponible de la fuente de alimentación, etc.

Los amplificadores diferenciales que se utilizan en práctica suelen tener una fuente de corriente constante en lugar de R_E

Equipo y Material empleado

- 1 Fuente de alimentación dual
- 4 Cables para fuente de alimentación
- 1 Osciloscopio
- 2 Puntas para Osciloscopio
- 1 Generador de funciones
- 1 Punta para Generador de funciones
- 1 Voltímetro
- 2 Cables para Voltímetro
- 1 Amperímetro
- 2 Cables para Amperímetro
- 3 Transistores NPN 2N2222 (o equivalente)
- 1 Tablilla de pruebas (*proto-board*)
- Resistencias
- Capacitores

Procedimiento

1. Calcule los valores de los componentes con el procedimiento mostrado en clase
2. Arme el circuito mostrado en el diagrama de la Figura 15, haciendo $V_2 = 0$ (es decir sustituya la fuente V_2 por una conexión a tierra).
3. Inyecte una señal de $V_1 = 1 \text{ Vpp}$ a una frecuencia igual a 1kHz.
4. Registre los voltajes en V_{c1} y V_{c2} .
5. Explique ¿Por qué existe una señal diferente en lugar de la misma forma que la señal de entrada?

6. Remueva la señal senoidal de T_1 y aplíquela a T_2 .
7. Registrar ahora V_{c1} , V_{c2} y anote que sucede.
8. Arme el circuito mostrado en el diagrama de la Figura 12, haciendo $V_1 = 0$ (es decir sustituya la fuente V_1 por una conexión a tierra) e inyecte una señal de $V_2 = 1$ Vpp a una frecuencia igual a 1kHz.
9. Registre V_{c1} y V_{c2} .
10. ¿Qué sucede si se aplican señales desfasadas 180° (una con respecto a al otra) a cada entrada T_1 y T_2 ?
11. Realice los cálculos y verifique los valores de las componentes.
12. Trace las rectas de carga de cd , ac , punto de operación. Calculado y experimental.
13. ¿Qué ventajas presenta este amplificador con respecto a los que ha visto en prácticas anteriores?

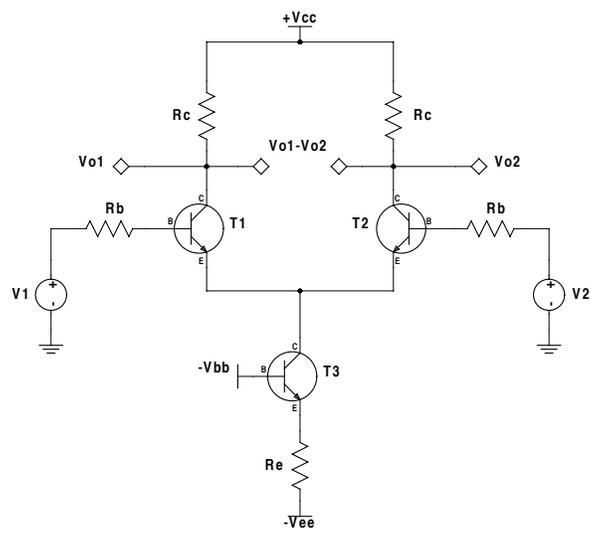


Figura 15: Amplificador diferencial con fuente de corriente.