

MEDICIONES SOBRE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS
APLICACIONES DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Objetivos

- Familiarizar al estudiante con el funcionamiento del amplificador operacional conectado en la configuración amplificador inversor, estudiando sus respuestas tanto sobre el circuito real como con el programa SPICE.
- Familiarizar al estudiante con los procedimientos para medir la ganancia DC, la resistencia de entrada, la ganancia AC y el desfase entre la entrada y la salida de los circuitos amplificadores utilizando los instrumentos adecuados.
- Extender la aplicación de estas técnicas de medición a filtros pasa bajo activos y filtros pasa alto activos, construidos a partir de la configuración básica del amplificador operacional.

Preparación

- 1.- Determine la expresión del voltaje de salida para el amplificador inversor cuyo circuito se muestra en la Figura 9.1, utilizando los valores indicados por su profesor y alimentándolo con fuentes de $\pm 15V$.

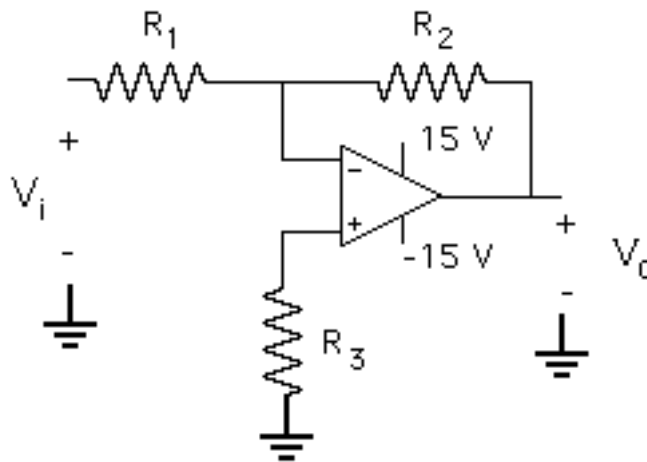


Figura 9.1.- Amplificador inversor

- 2.- Calcule la potencia máxima disipada por las resistencias suponiendo un voltaje máximo de 15V sobre cada una de ellas, para poder solicitar los componentes adecuados.

- 3.- Haga el diagrama circuital completo en SPICE del amplificador inversor, con todos los valores nominales de los componentes que se van a emplear, incluyendo la resistencia apropiada en la entrada no inversora.
- 4.- Una vez que dispone de este circuito, realice el análisis TRANSIENT en SPICE para obtener una gráfica de las señales de entrada y salida en función del tiempo, cuando la señal de entrada es una onda sinusoidal de la amplitud y frecuencia indicadas por su profesor.
- 5.- Realice el análisis AC SWEEP en SPICE del circuito de la figura 9.1 para graficar el voltaje V_o en función de la frecuencia dentro del rango de frecuencias de 10 Hz a 1 MHz, considerando que la señal de entrada tiene una amplitud de 1V. Averigüe por qué disminuye la ganancia del amplificador para frecuencias altas (Definición de ancho de banda).
- 6.- Dibuje el diagrama de cableado del amplificador inversor, tal como lo va a montar en el protoboard.
- 7.- Utilizando como base el diagrama de cableado, indique la forma como va a colocar los equipos e instrumentos de medición para medir lo siguiente:
 - a) La amplitud de la ganancia de voltaje (V_o/V_i) para diferentes valores DC del voltaje de entrada (-2V, -1V, -0,5V, 0V, 0,5V, 1V, 2V), utilizando el osciloscopio y el multímetro digital.
 - b) La corriente de entrada al amplificador para cada uno de los voltajes de entrada anteriores.
 - c) La amplitud de la ganancia de voltaje (V_o/V_i) para señales de entrada sinusoidales de 1 V de amplitud y un rango de frecuencias de 10 Hz a 1 MHz, (amplitudes y frecuencias medidas con el osciloscopio), producidas por el generador de funciones.
 - d) El desfase entre V_o y V_i para los voltajes de entrada especificados en el punto anterior, utilizando la calibración del eje horizontal.
- 8.- Haga el diagrama circuital completo en SPICE del filtro pasa bajo activo mostrado en la Figura 9.2 con los valores indicados por su profesor, y realice un análisis AC SWEEP en SPICE para obtener una gráfica de la salida en función de la frecuencia, con una señal de entrada de 1 V de amplitud y un rango de frecuencias de 10 Hz a 1 MHz.

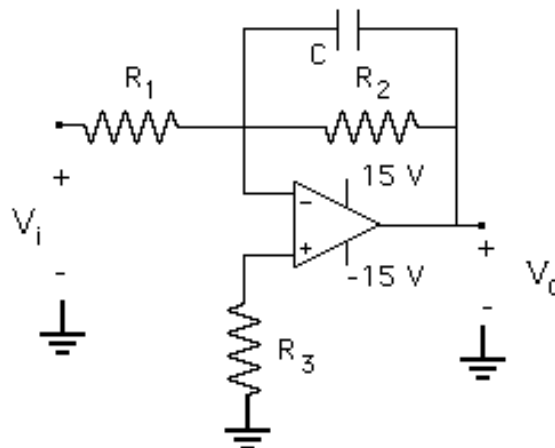


Figura 9.2.- Filtro pasa-bajo activo

9.- Haga el diagrama circuital completo en SPICE del filtro pasa alto activo mostrado en la Figura 9.3 con los valores indicados por su profesor, y realice un análisis AC SWEEP en SPICE para obtener una gráfica de la salida en función de la frecuencia, con una señal de entrada de 1 V de amplitud y un rango de frecuencias de 10 Hz a 1 MHz.

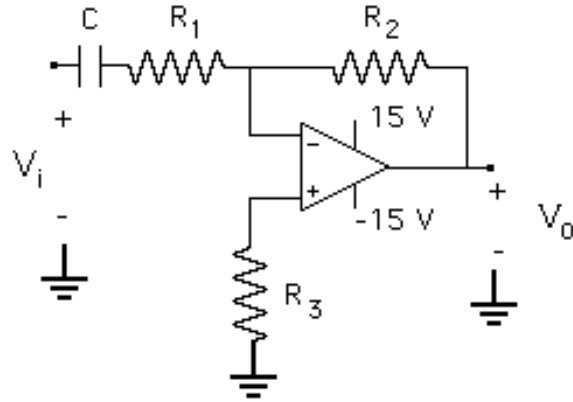


Figura 9.3.- Filtro pasa-alto activo

Nota 1: En el laboratorio debe disponer de los archivos de SPICE elaborados por Ud.

Nota 2: Recuerde llevar papel milimetrado al laboratorio.

Grupo N° _____

Fecha _____

Nombre _____

Nombre _____

Trabajo de Laboratorio Práctica N° 9

- 1.- Recuerde que al entrar al laboratorio tiene que llenar la hoja de asistencia.
- 2.- Encienda su mesón de trabajo.
- 3.- Si al iniciar la práctica encuentra faltas ó fallas en el equipo o en partes del mesón de trabajo que le corresponde, notifíquelo inmediatamente al profesor.
- 4.- Monte el amplificador inversor con los valores indicados por su profesor. Asegúrese de que las fuentes de alimentación de 15V y -15V lleguen a los pines correspondientes del amplificador. Inicialmente conecte la entrada V_i a 0V (tierra) y mida el voltaje de salida. Si dicho voltaje es 0V, el amplificador operacional está funcionando correctamente. En caso contrario, está dañado y debe cambiarlo por otro.
- 5.- Mida la amplitud de la ganancia de voltaje (V_o/V_i) para diferentes valores DC del voltaje de entrada, por ejemplo -2V, -1V, -0,5V, 0V, 0,5V, 1V, 2V si el amplificador tiene una ganancia de 10. Anote los resultados obtenidos en la siguiente tabla, calcule la ganancia con los valores que presenten mayor exactitud y precisión y agregue cualquier comentario de interés. Para aplicar los valores de voltaje DC utilice un potenciómetro de 1 K Ω , conecte sus extremos a la fuente fija de 5V y el terminal central a la entrada del amplificador inversor.

| V_i | V_o (osc.) | V_o (mult.) | V_o/V_i | Comentarios |
|-------|--------------|---------------|-----------|-------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

- 6.- Mida la corriente de entrada al amplificador I_i con el miliamperímetro del multímetro digital para cada uno de los voltajes de entrada anteriores y determine la resistencia de entrada del amplificador. Anote los resultados obtenidos en la tabla, calcule la resistencia de entrada con los valores que presenten mayor exactitud y precisión y agregue cualquier comentario de interés.

| V_i | I_i | R_i | Comentarios |
|-------|-------|-------|-------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7.- Aplique una señal sinusoidal al amplificador inversor, con los mismos valores de amplitud y frecuencia utilizados en la simulación. Observe en la pantalla del osciloscopio simultáneamente la señal de entrada y la de salida y haga un dibujo de lo observado.

8.- Mida la amplitud de la ganancia de voltaje (V_o/V_i) y el desfase entre V_o y V_i para el amplificador inversor, utilizando la calibración del eje horizontal, para diferentes valores AC del voltaje de entrada. Para ello coloque en la entrada señales sinusoidales de 1 V de amplitud y frecuencias de 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz y 1MHz y compruebe las amplitudes y frecuencias de estas señales de entrada con el osciloscopio antes de realizar las mediciones sobre la señal de salida. Agregue las mediciones que considere oportunas a las frecuencias de mayor interés. Anote los resultados obtenidos en la siguiente tabla y registre los comentarios pertinentes.

| Frecuencia | V_i pico | V_o pico | V_o/V_i | Período V_i | Separación $V_o - V_i$ | Desfase $V_o - V_i$ |
|------------|------------|------------|-----------|---------------|------------------------|---------------------|
| 10 Hz | | | | | | |
| 100 Hz | | | | | | |
| 1 KHz | | | | | | |
| 10 KHz | | | | | | |
| 100 KHz | | | | | | |
| 1 MHz | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Comentarios

9.- Sobre el amplificador inversor ya estudiado, conecte el condensador como se indica en la Figura 9.2 para obtener el filtro pasa bajo activo. Mida la amplitud de la ganancia de voltaje (V_o/V_i) y el desfase entre V_o y V_i para el filtro pasa bajo, utilizando los métodos indicados anteriormente. Asegúrese de tomar varios puntos alrededor de la frecuencia de corte del filtro. Anote los resultados obtenidos en la siguiente tabla y registre los comentarios pertinentes.

| Frecuencia | V_i pico | V_o pico | V_o/V_i | Período V_i | Separación $V_o - V_i$ | Desfase $V_o - V_i$ |
|------------|------------|------------|-----------|---------------|------------------------|---------------------|
| 10 Hz | | | | | | |
| 100 Hz | | | | | | |
| 1 KHz | | | | | | |
| 10 KHz | | | | | | |
| 100 KHz | | | | | | |
| 1 MHz | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Comentarios

10.- Modifique la ubicación del condensador como se indica en la Figura 9.3 para obtener el filtro pasa alto activo. Mida la amplitud de la ganancia de voltaje (V_o/V_i) y el desfase entre V_o y V_i para el filtro pasa alto, utilizando los métodos indicados anteriormente. Asegúrese de tomar varios puntos alrededor de la frecuencia de corte del filtro. Anote los resultados obtenidos en la siguiente tabla y registre sus comentarios al final de esta sección.

| Frecuencia | V_i pico | V_o pico | V_o/V_i | Período V_i | Separación $V_o - V_i$ | Desfase $V_o - V_i$ |
|------------|------------|------------|-----------|---------------|------------------------|---------------------|
| 10 Hz | | | | | | |
| 100 Hz | | | | | | |
| 1 KHz | | | | | | |
| 10 KHz | | | | | | |
| 100 KHz | | | | | | |
| 1 MHz | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Comentarios

11.- Al finalizar la práctica, muéstrele a su profesor todas las anotaciones de las medidas realizadas.

12.- Ordene el mesón antes de retirarse del aula, incluyendo las sillas.

Informe

NOTA: Todo Informe debe atenerse a las normas generales establecidas y por lo tanto debe incluir la Página de Presentación, el Resumen, el Índice, el Marco Teórico, la Metodología, los Resultados, el Análisis de Resultados, las Conclusiones, la Bibliografía y los Anexos.

I.- En el Marco Teórico, haga un resumen de una página sobre las características más resaltantes del amplificador inversor, el filtro pasa bajo activo y el filtro pasa alto activo, incluyendo la respuesta en frecuencia de cada uno de estos circuitos.

II.-En la Metodología, describa muy brevemente los procedimientos y circuitos utilizados, indicando los valores nominales de los componentes empleados.

III.-En los Resultados:

- a) Coloque los datos y gráficos obtenidos en el laboratorio.
- b) Haga un gráfico del voltaje de salida V_O vs. el voltaje de entrada V_i para los diferentes voltajes DC aplicados al amplificador inversor (función de transferencia) utilizando preferiblemente las facilidades de la hoja de cálculo. Indique la zona lineal y la zona de saturación del amplificador.
- c) Haga un gráfico de la corriente de entrada I_i vs. el voltaje de entrada V_i para los diferentes voltajes DC aplicados al amplificador inversor, utilizando la herramienta más conveniente.
- d) Haga un gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje, V_O/V_i , vs la frecuencia de operación, f , en escala logarítmica para el amplificador inversor. Observe que necesita una escala logarítmica de por lo menos 5 décadas.
- e) Haga un gráfico del desfase entre V_O y V_i vs la frecuencia de operación, f , en escala logarítmica para el amplificador inversor, siguiendo las recomendaciones anteriores.
- f) Haga un gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje, V_O/V_i , vs la frecuencia de operación, f , en escala logarítmica para el filtro pasa bajo activo siguiendo las recomendaciones anteriores. Identifique la frecuencia de corte y el ancho de banda.
- g) Haga un gráfico del desfase entre V_O y V_i vs la frecuencia de operación, f , en escala logarítmica para el filtro pasa bajo activo, siguiendo las recomendaciones anteriores.
- h) Haga un gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje, V_O/V_i , vs la frecuencia de operación, f , en escala logarítmica para el filtro pasa alto activo siguiendo las recomendaciones anteriores. Identifique la frecuencia de corte y el ancho de banda.
- i) Haga un gráfico del desfase entre V_O y V_i vs la frecuencia de operación, f , en escala logarítmica para el filtro pasa alto activo, siguiendo las recomendaciones anteriores.

IV.-En el Análisis de Resultados:

- a) Analice el gráfico de la función de transferencia del amplificador inversor, explicando las zonas que pueden observarse.
- b) Analice el gráfico de la corriente vs. voltaje de entrada del amplificador inversor, tomando en cuenta la zona lineal y la zona de saturación definidas en el gráfico anterior y determine el valor de la resistencia de entrada.

- c) Compare el gráfico obtenido con el análisis TRANS de SPICE para el amplificador inversor con el que Ud. realizó en el laboratorio y explique las discrepancias, tomando en cuenta la tolerancia de los componentes utilizados.
- d) Compare el gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje, V_O/V_I vs la frecuencia de operación para el amplificador inversor con el obtenido con SPICE mediante el análisis AC SWEEP y explique las discrepancias, tomando en cuenta la tolerancia de los componentes utilizados.
- e) Analice el gráfico del desfase entre V_O y V_I vs la frecuencia de operación para el amplificador inversor y comente las características más importantes de dicho gráfico.
- f) Compare el gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje, V_O/V_I vs la frecuencia de operación para el filtro pasa bajo activo con el obtenido con SPICE mediante el análisis AC SWEEP y explique las discrepancias, tomando en cuenta la tolerancia de los componentes utilizados.
- g) Analice el gráfico del desfase entre V_O y V_I vs la frecuencia de operación para el filtro pasa bajo activo y comente las características más importantes de dicho gráfico.
- h) Compare el gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje, V_O/V_I vs la frecuencia de operación para el filtro pasa alto activo con el obtenido con SPICE mediante el análisis AC SWEEP y explique las discrepancias, tomando en cuenta la tolerancia de los componentes utilizados.
- i) Analice el gráfico del desfase entre V_O y V_I vs la frecuencia de operación para el filtro pasa alto activo y comente las características más importantes de dicho gráfico.

V.-En las Conclusiones, escriba sus conclusiones sobre la práctica realizada, los procedimientos de medición utilizados y los resultados obtenidos. Haga un breve comentario sobre la aplicabilidad de dichos procedimientos de medición.

VI.-Recuerde anexar las Preparaciones de los miembros del grupo.

Bibliografía

- 1.- Laboratorios de Circuitos Electrónicos, Guía Teórica, 2ª versión o versión electrónica, en la página <http://www3.labc.usb.ve/Ec1181/index.html>. Prof. María Isabel Giménez de Guzmán. USB.
- 2.- Manuales de las Fuentes de Poder, los generadores de funciones y los osciloscopios disponibles en el Laboratorio C.
- 3.- Manual de DesingLAb 8, MicroSim Corporation.
- 4.- Análisis básico de Circuitos Eléctricos, Quinta Edición. Johnson, Hilburn, Johnson y Scott. Prentice Hall.
- 5.- Introduction to Electric Circuits. Dorf. Wiley.