

## **USO DE LOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO**

### **Objetivos**

- Familiarizar al estudiante con los conceptos fundamentales sobre mediciones eléctricas y con el uso de los instrumentos de medición disponibles en el laboratorio de Circuitos Electrónicos: Osciloscopios, multímetros, voltímetros y amperímetros (con énfasis en los instrumentos para DC), para realizar mediciones directas e indirectas de voltaje, corriente, resistencia, potencia, frecuencia y desfase.

### **Preparación**

- 1.- Establezca la diferencia fundamental entre la medición directa y la indirecta.
- 2.- Describa un ejemplo de un método de medición por deflexión y uno por detección de cero.
- 3.- Describa brevemente el método de comparación, el de sustitución y el diferencial.
- 4.- Defina para un amperímetro analógico los conceptos de exactitud, precisión, error, corrección, resolución, sensibilidad, gama y escala, banda de frecuencia, linealidad y respuesta dinámica (incluyendo error dinámico, tiempo de respuesta, tiempo nulo y sobreimpulso).
- 5.- Defina los tipos de errores que se pueden cometer durante el proceso de medición (Errores grandes y Errores sistemáticos: Del instrumento, del método utilizado, ambientales y de observación) e indique como evitar o corregir cada uno de ellos.
- 6.- Haga un esquema y describa brevemente el principio de operación del Galvanómetro de D'Arsonval.
- 7.- Haga un esquema y describa el principio de construcción de los amperímetros analógicos a partir del Galvanómetro de D'Arsonval.
- 8.- Describa el procedimiento para medir la resistencia interna de cada una de las escalas de un amperímetro utilizando el método de sustitución. Especifique cuidadosamente las medidas que se deben tomar para no dañar el instrumento.
- 9.- Haga un esquema y describa el principio de construcción de los voltímetros analógicos a partir del Galvanómetro de D'Arsonval.
- 10.- Indique el procedimiento a seguir para determinar la resistencia interna de cada una de las diferentes escalas de un voltímetro.
- 11.- Dibuje los dos circuitos que pueden utilizarse para medir una resistencia por el método indirecto, empleando un voltímetro y un amperímetro, e indique cuál es el más conveniente, dependiendo del valor de la resistencia, para reducir al mínimo el error sistemático del método utilizado.

12.- Busque las especificaciones del amplificador operacional con el que va a trabajar en el Laboratorio y tenga a mano los puntos más importantes durante la realización de la práctica, o averigüe si dichas especificaciones están disponibles en línea a través de la red del laboratorio para que Ud. las pueda observar en la pantalla de su computador.

13.- Con el amplificador operacional que Ud. haya seleccionado, diseñe un amplificador inversor de ganancia 10, alimentado con fuentes de  $\pm 15\text{V}$ . Haga el diagrama circuital completo, (utilizando SPICE), indicando claramente todos los valores nominales de los componentes que se van a emplear, incluyendo la resistencia apropiada en la entrada no inversora. Una vez que dispone de este circuito, haga una corrida 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 0.5 V, 5 kHz (análisis TRAN), y otra gráfica de la salida en función de la frecuencia para el máximo rango de frecuencia posible, preferiblemente por encima de los MHz. (Análisis AC). Averigüe por qué disminuye la ganancia del amplificador para frecuencias altas (Definición de ancho de banda).

14.- Calcule la potencia máxima que van a disipar las resistencias utilizadas en el diseño, suponiendo que el voltaje de entrada es igual al de una de las fuentes. En función de esto, determine la capacidad de disipación de potencia que deben tener las resistencias del circuito. Calcule también la potencia disipada por las resistencias cuando el voltaje de entrada es 1V.

15.- A mano, o preferiblemente con el programa apropiado, dibuje el diagrama de cableado del circuito diseñado en el punto anterior, tal como se va a montar en el protoboard.

16.- Utilizando como base el diagrama de cableado, haga un esquema de la forma como va a colocar los equipos e instrumentos de medición para medir lo siguiente:

a) 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). A fin de obtener los diferentes voltajes de entrada ( $v_i$ ) tanto positivos como negativos, puede utilizar la salida DC del generador de funciones o puede colocar un potenciómetro de 1 k $\Omega$  o 10 k $\Omega$  entre las fuentes de +15V y -15V, de forma que su terminal central se conecte a la entrada del amplificador inversor. Debe calcular cuidadosamente la potencia consumida por dicho potenciómetro y solicitar un dispositivo con la capacidad de disipación adecuada.

b) La corriente de entrada al amplificador para cada uno de los voltajes de entrada anteriores, medida directa e indirectamente.

c) La potencia en cada una de las resistencias del circuito cuando el voltaje de entrada es de 1V.

d) La amplitud de la ganancia de voltaje ( $v_o/v_i$ ) y el desfase entre  $v_o$  y  $v_i$  utilizando la calibración del eje horizontal del osciloscopio, para diferentes valores AC del voltaje de entrada. Para ello se van a colocar en la entrada señales sinusoidales de 100 mV de amplitud y frecuencias de 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz y 1MHz, (amplitudes y frecuencias medidas con el osciloscopio), producidas por el generador de funciones.

14.- Utilizando la hoja de cálculo, prepare las tablas para registrar en forma ordenada todas las mediciones que va a tomar en el Laboratorio. Incluya en dichas tablas el valor teórico esperado y las fórmulas de cálculo cuando sea procedente, para facilitar las comparaciones con los resultados experimentales.

## Laboratorio

- 1.- Recuerde firmar la hoja de asistencia en la posición correspondiente al mesón que ocupa.
- 2.- Nada más llegar al laboratorio, debe encender el mesón y el osciloscopio. Este es un hábito que debe practicar siempre que trabaje con equipos basados en tubos de rayos catódicos. Si al iniciar la práctica encuentra faltas ó fallas en el equipo o en partes del mesón de trabajo que le corresponde (equipos de medición, cables, computador, monitor, ratón, Variac, portafusibles, fusibles, puntas del osciloscopio, interruptores, tomacorrientes, fuente de poder DC, generador de funciones, etc.), notifíquelo inmediatamente al profesor.
- 3.- Determine las características fundamentales del amperímetro DC que tienen a su disposición (resolución, sensibilidad, gama y escala).
- 4.- Determine la resistencia interna de las escalas del amperímetro. Esta información le será útil para corregir los errores sistemáticos que pueda cometer durante el desarrollo de la práctica.
- 5.- Calcule la linealidad del amperímetro DC en dos escalas. Para ello debe ayudarse con otro amperímetro que se va a considerar patrón. Monte un circuito con los dos amperímetros, la fuente DC y una resistencia de protección y realice las mediciones necesarias en la parte baja y alta de cada una de las escalas para obtener los datos que le permitan calcular la linealidad.
- 6.- Repita los puntos 3 y 4 para el voltímetro DC que tiene a su disposición, utilizando para este caso la característica  $\Omega/V$  disponible en el instrumento.
- 7.- Identifique las diferentes mediciones que puede realizar con el multímetro a su disposición.
- 8.- Mida las tres resistencias que va a emplear en el circuito del amplificador inversor más una resistencia de  $100 \Omega$  y otra de  $100 k\Omega$ , utilizando el multímetro y cada uno de los dos métodos indirectos con amperímetro y voltímetro descritos por Ud. En el momento de registrar los resultados, recuerde anotar la escala en que realizó la medición con el amperímetro y con el voltímetro, y asegúrese de que ha medido la resistencia interna de dichos instrumentos en dichas escalas. Esta información le resultará de utilidad en el momento de analizar los resultados.
- 9.- Haga un cuadro en el que incluya para cada resistencia su valor nominal, su porcentaje de tolerancia, los límites entre los que se puede encontrar su valor real de acuerdo a su porcentaje de tolerancia, su valor medido con el multímetro, su valor medido por los métodos indirectos (indicando las escalas donde se realizaron las mediciones) y su capacidad de disipación de potencia máxima.
- 10.- Monte el amplificador inversor de ganancia 10. Asegúrese de que las fuentes de alimentación de  $15V$  y  $-15V$  llegan a los pines correspondientes del amplificador. Para estas primeras mediciones, conecte la entrada  $v_i$  a  $0V$ .
- 11.- Mida la ganancia de voltaje ( $v_o/v_i$ ) para diferentes valores DC del voltaje de entrada ( $-2V$ ,  $-1V$ ,  $-0,5V$ ,  $0V$ ,  $0,5V$ ,  $1V$ ,  $2V$ ). Anote los resultados obtenidos en la tabla preparada.
- 12.- Mida la corriente de entrada al amplificador para cada uno de los voltajes de entrada anteriores, en forma directa e indirecta. Anote los resultados obtenidos en la tabla preparada.
- 13.- Mida la potencia en cada una de las resistencias del circuito cuando el voltaje de entrada es de  $1V$ . Anote los resultados obtenidos en la tabla preparada.

14.- Aplique una señal sinusoidal de 0.5V, 5 kHz, (los mismos valores 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.

15.- Mida la amplitud de la ganancia de voltaje ( $v_o/v_i$ ) y el desfase entre  $v_o$  y  $v_i$  para diferentes valores AC del voltaje de entrada. Para ello coloque en la entrada señales sinusoidales de 100 mV de amplitud y frecuencias de 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz y 1MHz y compruebe las amplitudes y frecuencias de estas señales de entrada con el osciloscopio. Anote los resultados obtenidos en las tablas preparadas.

16.- Al finalizar todas las mediciones, muéstreselas a su profesor.

17.- Recuerde dejar el mesón ordenado al terminar la práctica y coloque los taburetes en su sitio.

## **Informe**

**NOTA: Todo Informe debe atenerse a las normas generales establecidas.**

I.- En el Marco Teórico, haga un resumen de una página sobre las características más resaltantes del amplificador inversor, incluyendo su respuesta en frecuencia.

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

III. En los Resultados:

1.- Coloque los datos y gráficos obtenidos en el laboratorio. Calcule los errores en las tablas en que sea procedente.

2.- 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.

3.- 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.

4.- Haga un gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje,  $v_o/v_i$ , vs la frecuencia de operación,  $f$ , en escala logarítmica. Observe que necesita una escala logarítmica de por lo menos 4 décadas.

5.- Haga un gráfico del desfase entre  $v_o$  y  $v_i$  vs la frecuencia de operación,  $f$ , en escala logarítmica, siguiendo las recomendaciones anteriores.

IV. En el análisis de Resultados:

1.- Comente sobre las características de los instrumentos analizados en el laboratorio.

2.- Compare los valores obtenidos con cada uno de los métodos para medir resistencias, indique si dichos valores se encuentran dentro del rango de tolerancia especificado por el fabricante, e indique qué método le parece más exacto y más preciso y por qué. Use la información referente a las resistencias internas de los instrumentos utilizados en las mediciones para justificar, y si es posible, corregir los errores sistemáticos cometidos durante los procesos de medición.

- 3.- Analice el gráfico de la función de transferencia, explicando las zonas que pueden observarse.
- 4.- Analice el gráfico de la corriente vs. voltaje de entrada y determine el valor de la resistencia de entrada.
- 5.- Compare el gráfico obtenido con el análisis TRANS de SPICE con el que Ud. realizó en el laboratorio y explique las discrepancias.
- 6.- Compare el gráfico de la amplitud de la ganancia de voltaje,  $v_o/v_i$ , vs la frecuencia de operación, con el obtenido con SPICE mediante el análisis AC y explique las discrepancias.
- 7.- Analice el gráfico del desfase entre  $v_o$  y  $v_i$  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. En los Comentarios finales: Describa las dificultades que se le presentaron en las etapas de montaje y medición de los circuitos en el laboratorio, analice las causas de los problemas, indique cómo los resolvió y haga un comentario sobre los procesos que debe seguir para tratar de prevenir o evitar dichas dificultades. Evalúe el grado en que Ud. considera que ha alcanzado los objetivos de la práctica.

VII. Recuerde anexar la Preparación.

## Referencias

1.- Laboratorios de Circuitos Electrónicos, Guía Teórica, 2ª versión o versión electrónica, en la página <http://www.labc.usb.ve/mgimenez/Ec1181ele/index.html>. Prof. María Isabel Giménez de Guzmán. USB.