

PRACTICA N° 2 (ESPECIAL)  
USO DE LOS INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

OBJETIVO

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, para realizar mediciones directas e indirectas de voltaje, corriente, resistencia, potencia, frecuencia y desfasaje.

PREPARACION

1.- Seleccione un instrumento analógico, (por ejemplo uno de los amperímetros disponibles en el laboratorio, para lo cual puede consultar los manuales) y defina para dicho instrumento su exactitud, precisión, error, corrección, resolución, sensibilidad, gama y escala, banda de frecuencia, linealidad, eficiencia y respuesta dinámica (incluyendo error dinámico, tiempo de respuesta, tiempo nulo y sobrealcance).

2.- 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.

3.- Describa por lo menos dos métodos para determinar la resistencia interna de cada una de las escalas de un amperímetro y de un voltímetro. Especifique cuidadosamente las medidas que se deben tomar para no dañar los instrumentos.

4.- 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.

5.- Con el amplificador operacional que Ud. haya seleccionado, diseñe un sumador inversor en el que  $v_o = -2v_1 - 4v_2$ , alimentado con fuentes de  $\pm 15V$ . Haga el diagrama circuital completo, (utilizando uno de los programas disponibles),

indicando claramente todos los valores nominales de los componentes que se van a emplear, incluyendo la resistencia apropiada en la entrada no inversora. En el subdirectorío correspondiente a la práctica N° 2, se encuentra un archivo SPICE correspondiente a un diseño de un amplificador inversor. Puede utilizar dicho archivo para copiarlo y editarlo a fin de crear el correspondiente a su diseño. Una vez que dispone de este circuito, haga una corrida es SPICE para obtener una gráfica de las señales de entrada y salida en función del tiempo (análisis TRAN) bajo las siguientes condiciones: Primero, la señal de entrada  $v_1$  es una onda sinusoidal de 0.5 V, 5 kHz y la señal de entrada  $v_2$  es cero; luego, la señal de entrada  $v_2$  es una onda sinusoidal de 0.5 V, 5 kHz y la señal de entrada  $v_1$  es cero. Haga otras gráficas de la salida en función de la frecuencia (Análisis AC) para el máximo rango de frecuencia posible, preferiblemente por encima de los MHz, bajo las siguientes condiciones: Primero, la señal de entrada  $v_1$  es una onda sinusoidal de 1 V y la señal de entrada  $v_2$  es cero; luego, la señal de entrada  $v_2$  es una onda sinusoidal de 1 V y la señal de entrada  $v_1$  es cero. Averigüe por qué disminuye la ganancia del amplificador para frecuencias altas (Definición de ancho de banda).

6.- Calcule la potencia máxima que podría disipar cada una de las resistencias utilizadas en el diseño, suponiendo que en un momento dado, se aplica sobre cada una de ellas el voltaje de una de las fuentes. En función de esto, determine la capacidad de disipación de potencia que deben tener cada una de las resistencias del circuito.

7.- 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.

8.- 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 amplitud de la ganancia de voltaje de cada una de las entradas para diferentes valores DC de los voltajes de entrada, suponiendo que en cada una de las entradas se aplican los voltajes (-6V, -4V, -2V, -1V, -0,5V, 0V, 0,5V, 1V, 2V, 4V, 6V) mientras la otra entrada se encuentra en cero. Luego, aplique simultáneamente los siguientes valores a las entradas: ( $v_1=-4V$ ,  $v_2=-4V$ ;  $v_1=-2V$ ,  $v_2=-2V$ ;  $v_1=-2V$ ,  $v_2=-1V$ ;  $v_1=-1V$ ,  $v_2=-0.5V$ ;  $v_1=0.5V$ ,  $v_2=1V$ ;  $v_1=1V$ ,  $v_2=2V$ ;  $v_1=2V$ ,  $v_2=2V$ ;  $v_1=4V$ ,  $v_2=4V$ ). A fin de obtener los diferentes voltajes de entrada tanto positivos como negativos, puede utilizar la salida DC del generador de funciones. Cuando necesite dos voltajes DC, obtenga el menor de ellos a través de un divisor de voltaje.

b) La corriente en cada una de las entradas cuando la otra entrada está conectada a cero, para los siguientes voltajes: (-2V, -1V, -0,5V, 0V, 0,5V, 1V, 2V).

c) La amplitud de la ganancia de voltaje y el desfase para cada una de las entradas, cuando se aplican diferentes valores AC de pequeña señal a cada entrada con la otra en cero. Para ello se van a colocar en cada una de las entradas 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) mientras la otra entrada está conectada a tierra.

9.- 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.

### TRABAJO EN EL LABORATORIO.

I. Recuerde firmar la hoja de asistencia en la posición correspondiente al mesón que ocupa.

II. 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.

#### III. Caracterización de instrumentos:

1.- Determine las características fundamentales del amperímetro que tienen a su disposición (resolución, sensibilidad, gama y escala).

2.- Determine la resistencia interna de todas las escalas del amperímetro. Esta información le será útil para corregir los errores sistemáticos que pueda cometer durante el desarrollo de la práctica.

3.- Calcule la linealidad del amperímetro 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.

4.- Repita los puntos 1 y 2 para el voltímetro que tiene a su disposición.

#### IV. Medición de resistencias:

1.- Mida las resistencias que va a emplear en el circuito del sumador inversor utilizando el multímetro y el método indirecto (amperímetro, voltímetro) más apropiado según el valor de la resistencia. Anote cuidadosamente la escala de

cada instrumento en el momento de cada medición para poder aplicar las correcciones necesarias según las resistencias internas de dichos instrumentos.

2.- 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 el método indirecto (indicando las escalas donde se realizaron las mediciones) y su capacidad de disipación de potencia máxima.

V. Mediciones sobre el amplificador operacional configuración sumador inversor.

1.- Monte el sumador inversor diseñado. Asegúrese de que las fuentes de alimentación de 15V y -15V llegan a los pines correspondientes del amplificador. Para estas primeras mediciones, conecte las entradas a 0V.

2.- Mida la amplitud de la ganancia de voltaje de cada una de las entradas para diferentes valores DC de los voltajes de entrada, aplicando los voltajes (-6V, -4V, -2V, -1V, -0,5V, 0V, 0,5V, 1V, 2V, 4V, 6V) a cada entrada mientras la otra entrada se encuentra en cero. Luego, aplique simultáneamente los siguientes valores a las entradas: ( $v_1=-4V$ ,  $v_2=-4V$ ;  $v_1=-2V$ ,  $v_2=-2V$ ;  $v_1=-2V$ ,  $v_2=-1V$ ;  $v_1=-1V$ ,  $v_2=-0.5V$ ;  $v_1=0.5V$ ,  $v_2=1V$ ;  $v_1=1V$ ,  $v_2=2V$ ;  $v_1=2V$ ,  $v_2=2V$ ;  $v_1=4V$ ,  $v_2=4V$ ). Anote los resultados obtenidos en las tablas preparadas.

3.- Mida la corriente en cada una de las entradas cuando la otra entrada está conectada a cero, para los siguientes voltajes: (-2V, -1V, -0,5V, 0V, 0,5V, 1V, 2V). Anote los resultados obtenidos en las tablas preparadas.

4.- Aplique una señal sinusoidal de 0.5V, 5kHz a cada entrada mientras la otra está conectada a cero (los mismos valores utilizados en las simulaciones TRANS). Observe en la pantalla del osciloscopio simultáneamente la señal de entrada y la de salida y haga un dibujo de lo observado.

5.- Mida la amplitud de la ganancia de voltaje y el desfase entrada y salida para cada una de las entradas, cuando se aplican diferentes valores AC de pequeña señal a cada entrada con la otra en cero. Para ello coloque señales sinusoidales de 100 mV de amplitud y frecuencias de 10 Hz, 100 Hz, 1 kHz, 10 kHz, 100 kHz y 1MHz en una entrada mientras la otra entrada está conectada a tierra. Anote los resultados obtenidos en las tablas preparadas.

VI. Al finalizar todas las mediciones, muéstreselas a su profesor.

VI. Recuerde dejar el mesón ordenado al terminar la práctica.

## INFORME DE TRABAJO.

I.- En el Marco Teórico, haga un resumen de una página sobre las características más resaltantes del sumador inversor.

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. cada uno de los voltajes de entrada para los diferentes voltajes DC aplicados, utilizando preferiblemente las facilidades de la hoja de cálculo. Indique la zona lineal y la zona de saturación para cada una de las entradas del amplificador.

3.- Haga un gráfico de la corriente de entrada  $i_i$  vs. el voltaje de entrada  $v_i$  para cada una de las entradas del sumador inversor, cuando la otra entrada está a cero.

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 para cada una de las entradas del sumador inversor cuando la otra entrada está a cero. Observe que necesita una escala logarítmica de por lo menos 6 décadas.

5.- Haga un gráfico del desfase entre  $v_o$  y  $v_i$  vs la frecuencia de operación,  $f$ , en escala logarítmica, para cada una de las entradas del sumador inversor cuando la otra entrada está a cero, siguiendo las recomendaciones anteriores. Utilice tanto las mediciones de desfase obtenidas a partir de la calibración del eje horizontal como las obtenidas al emplear los canales X-Y del osciloscopio, para sacar un promedio de los valores del desfase correspondientes a cada frecuencia.

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 los gráficos de las funciones de transferencia, explicando las zonas que pueden observarse. Comente sobre los resultados obtenidos al aplicar señales a ambas entradas del sumador inversor.

4.- Analice los gráficos de la corriente vs. voltaje de entrada y determine el valor de la resistencia de entrada para cada una de las entradas.

5.- Compare los gráficos obtenidos con el análisis TRANS de SPICE con los que Ud. realizó en el laboratorio y explique las discrepancias.

6.- Compare los gráficos de la amplitud de la ganancia de voltaje,  $v_o/v_i$ , vs la frecuencia de operación, con los obtenidos con SPICE mediante el análisis AC y explique las discrepancias.

7.- Analice los gráficos 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 los Pre-Informes de los miembros del grupo.

## **BIBLIOGRAFIA.**

1.- Cuaderno teórico de Mediciones Eléctricas. Prof. María Isabel Giménez de Guzmán.

2.- Manuales de las Fuentes de Poder, los generadores de funciones y los osciloscopios disponibles en el Laboratorio C.