

MEDICIONES DE CARACTERÍSTICAS DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS
APLICACIÓN DEL AMPLIFICADOR DIFERENCIAL

Objetivos

- Familiarizar al estudiante con el funcionamiento del amplificador operacional conectado en la configuración amplificador diferencial, estudiando sus respuestas tanto con el programa de simulación como sobre el circuito real e implementar un circuito sencillo de medición.
- Familiarizar al estudiante con los procedimientos para medir parámetros de los circuitos con amplificadores operacionales, tales como la ganancia DC, la ganancia AC, el desfase entre la entrada y la salida, el voltaje de “offset”, la Relación de Rechazo en Modo Común (CMRR), y las impedancias de entrada y de salida, utilizando los instrumentos adecuados.

Preparación

- 1.- Busque las especificaciones del amplificador operacional con el que va a trabajar en el Laboratorio y fotocopie los puntos más importantes para tenerlos disponibles durante la realización de la práctica.
- 2.- Deduzca la expresión del voltaje de salida para el amplificador diferencial básico cuyo circuito se muestra en la Figura 1, considerando que el amplificador operacional es ideal, utilizando los valores indicados por su profesor y alimentándolo con fuentes de $\pm 15V$. Indique cuál es la función principal de este circuito.

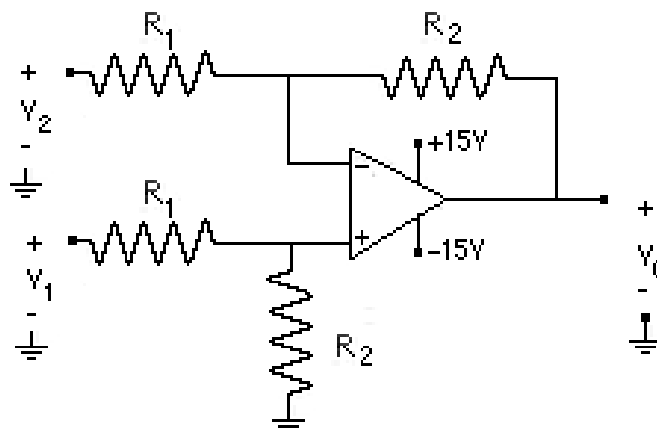


Figura 1.- Amplificador diferencial básico

- 3.- Defina voltaje de "offset" de un amplificador diferencial e indique cómo medirlo.
- 4.- Defina la relación de rechazo en modo común (CMRR) de un amplificador diferencial e indique cómo medirla.

- 5.- Calcule la impedancia de entrada en DC para cada una de las entradas, considerando que la otra entrada se encuentra conectada a tierra y que el amplificador operacional presenta características muy próximas a las ideales.
- 6.- Haga el diagrama circuital completo del amplificador diferencial con el programa de simulación utilizando el modelo del 741.
- 7.- Dibuje el diagrama de cableado del amplificador diferencial básico, tal como lo va a montar en el protoboard.
- 8.- Basándose en el diagrama de cableado indique la forma como va a conectar los instrumentos para medir experimentalmente el voltaje de "offset", la relación de rechazo en modo común, la ganancia de voltaje para diferentes voltajes DC y las mediciones de la impedancia de entrada en DC para cada una de las entradas.
- 9.- Para el circuito mostrado en la Figura 2 (Amplificador diferencial de instrumentación simple), explique la razón para conectar los seguidores de voltaje a cada una de las entradas del circuito anterior.
- 10.- Utilizando el diagrama de cableado del amplificador diferencial básico, incluya los seguidores de voltaje, tal como los va a montar en su circuito.

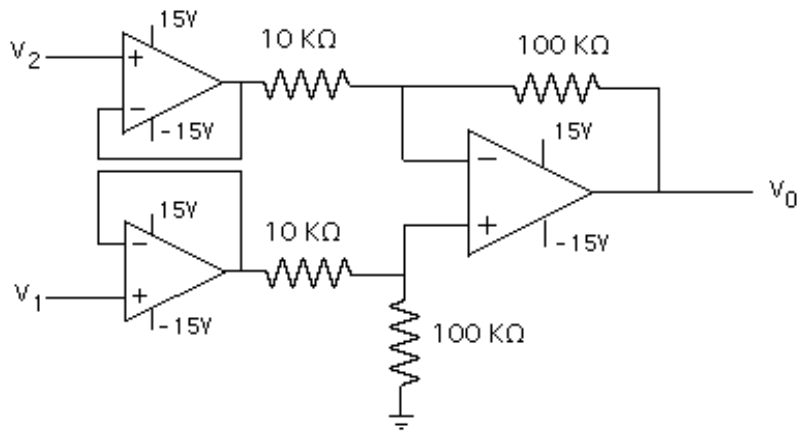


Figura 2.- Amplificador diferencial de instrumentación simple

- 11.- Para el circuito mostrado en la Figura 3(a), el Puente de Wheatstone, explique su principio de funcionamiento, y deduzca la relación entre R_x y las otras resistencias del circuito cuando el puente está balanceado.

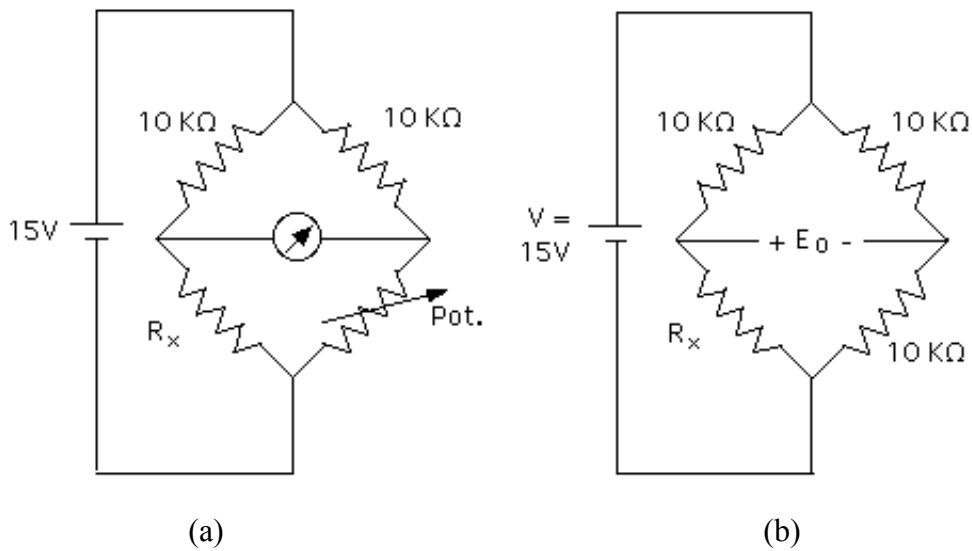


Figura 3.- Puentes de Wheatstone

12.- Para el circuito mostrado en la Figura 3(b), considerando que $R_x = 10 \text{ k}\Omega + \Delta R$, deduzca la relación de ΔR en función de E_0/V . Simplifique la expresión tomando en cuenta que $\Delta R \ll 10 \text{ k}\Omega$.

13.- Indique cómo se conecta el amplificador de instrumentación del punto anterior a la salida del circuito de la Figura 3(b) para obtener un medidor diferencial y diga cuál es la utilidad de esta conexión.

NOTA 1: En el laboratorio debe disponer de los archivos de las simulaciones, bien sea impresos en papel o en archivos que puedan presentarse en la pantalla de su computador, ya que es necesario comparar los resultados simulados con las señales que se observan en el osciloscopio.

NOTA 2: Recuerde traer algún dispositivo que le permita guardar la información observada en el osciloscopio para luego imprimirla y analizarla.

Grupo N° _____

Fecha _____

Nombre _____

Nombre _____

EC1113
Trabajo de Laboratorio
Práctica N° 1

- 1.- Recuerde que al entrar al laboratorio tiene que llenar la hoja de asistencia.
- 2.- Registre los valores nominales y las tolerancias de las resistencias que va a utilizar y mida con el multímetro digital los valores reales de dichas resistencias.

Componente	R ₁	R ₂	R ₁₁	R ₂₂
Val. nominal y tolerancia				
Valor real (multímetro)				

- 3.- Monte el amplificador diferencial. Asegúrese de que las fuentes de alimentación de 15V y -15V lleguen a los pines correspondientes del amplificador.
- 4.- Inicialmente conecte ambas entradas a 0V (tierra) y mida el voltaje de salida. Si dicho voltaje es muy pequeño, del orden de los milivoltios, el amplificador operacional está funcionando correctamente. En caso contrario, está dañado y debe cambiarlo por otro. Registre los datos para determinar el voltaje de "offset".

Voltaje salida para $V_1 = V_2 = 0$	Voltaje de "offset" para el amplificador diferencial

- 5.- Haga una primera prueba de funcionamiento del amplificador diferencial, colocando una señal DC de 1V en la entrada no inversora y conectando la entrada inversora a tierra. Mida el voltaje de salida y compruebe la ganancia del amplificador diferencial. Aumente ahora el voltaje de la señal de entrada a 2V. Mida el voltaje de salida y compruebe que el amplificador está saturado.
- 6.- Determine la Relación de Rechazo en Modo Común (CMRR) del amplificador diferencial mediante las mediciones indicadas en la siguiente tabla:

Voltaje salida para $V_1 = V_2 = 1V$	
Ganancia en modo común A_{CM}	
Voltaje salida para $V_1 = 0; V_2 = 1V$	
Ganancia₁ en modo diferencial A_{d1}	
Voltaje salida para $V_1 = 1; V_2 = 0V$	
Ganancia₂ en modo diferencial A_{d2}	
Ganancia modo diferencial prom. A_d	
Relación A_{d1} / A_{CM}	
CMRR = $20 \log A_{d1} / A_{CM}$	

7.-Monte el circuito de la Figura 4 para medir la resistencia de entrada en la entrada inversora del amplificador diferencial cuando la entrada no inversora está conectada a tierra. Mida previamente el valor real de R_p con el multímetro.

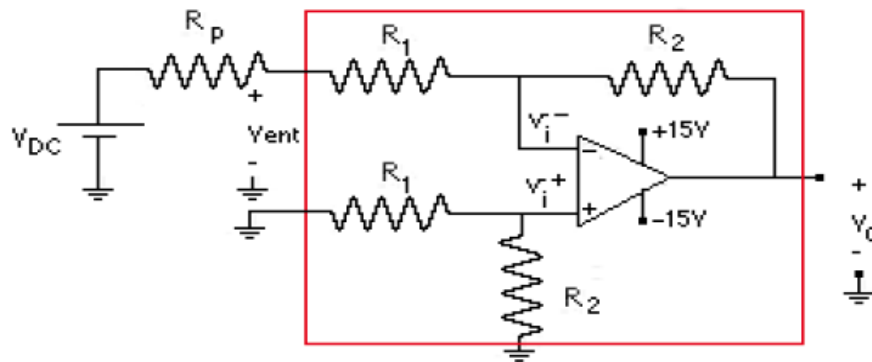


Figura 4.- Medición de la resistencia de entrada de la entrada inversora del amplificador diferencial

8.-Realice las mediciones del voltaje de la fuente de entrada V_{DC} y de la corriente que circula por dicha fuente ($I = V_{Rp}/R_p$), anote los datos obtenidos en la siguiente tabla y calcule el valor experimental de la resistencia de entrada en la entrada inversora.

V_{DC}	V_{Rp}	$I = V_{Rp}/R_p$	$R_{i_{in}} = V_{DC}/I$

9.-Monte el circuito de la Figura 5 para medir la resistencia de entrada en la entrada no inversora del amplificador diferencial cuando la entrada inversora está conectada a tierra. Mida previamente el valor real de Rp con el multímetro.

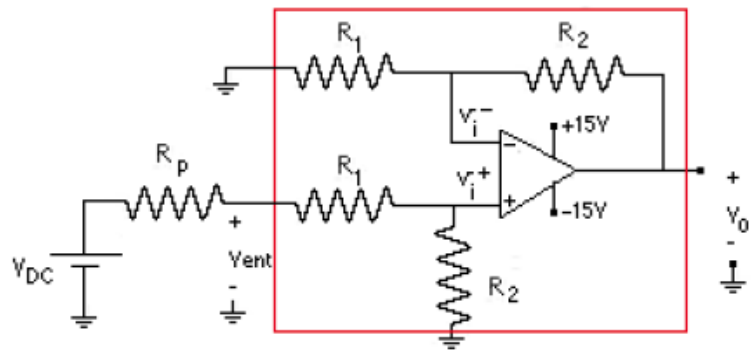


Figura 5.- Medición de la resistencia de entrada de la entrada no inversora del amplificador diferencial

10.-Realice las mediciones del voltaje de la fuente de entrada V_{DC} y de la corriente que circula por dicha fuente ($I=V_{Rp}/R_p$), anote los datos obtenidos en la siguiente tabla y calcule el valor experimental de la resistencia de entrada en la entrada no inversora.

$V_{O_{DC}}$	V_{R_p}	$I=V_{R_p}/R_p$	$R_{i_{no-in}}=V_{DC}/I$

11.- La resistencia de salida se determina haciendo primero una medición del voltaje de salida de amplificador diferencial sin carga (V_{O1}), luego otra medición del voltaje de salida (V_{O2}) con una carga conocida medida inicialmente (por ejemplo 500Ω) y calculando el valor de la resistencia R_o resultante cuando se aplican dichos valores al circuito básico presentado en la Figura 6. Inicialmente se ajusta el voltaje de una de las entradas colocando la otra a tierra, para que el voltaje de salida sea el orden de 1 o 2V. Luego se conecta la resistencia de carga, y se mide cuidadosamente el nuevo voltaje de salida. Puede seleccionarse una resistencia menor de 500Ω si no es posible apreciar adecuadamente la diferencia entre V_{O1} y V_{O2} , teniendo presente que la corriente máxima que puede suministrar el operacional 741 es de unos 20 mA. Anote los resultados en la siguiente tabla y calcule el valor experimental de la resistencia de salida del amplificador diferencial.

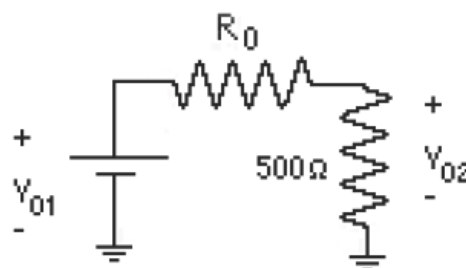


Figura 6.- Circuito para calcular la resistencia de salida del amplificador diferencial

V_{O1}	$R_{carga_{medida}}$	V_{O2}	R_o

12.- Monte el circuito de la figura 2 y compruebe primero la operación de los seguidores de voltaje por separado y luego la operación de todo el circuito, aplicando señales DC a ambas entradas de los seguidores de voltaje y comprobando que la salida presenta el voltaje esperado.

13.- Monte el Puente de Wheatstone de la figura 3(a) utilizando tres resistencias de 10 k Ω , medidas previamente con el multímetro digital. Coloque una década de resistencias como resistencia variable de ajuste y el voltímetro del multímetro digital como detector de cero, ubicándolo en la escala de mayor sensibilidad. Equilibre el Puente y registre el valor indicado por la década, R_d .

Componente	R_1	R_2	$R_3 = R_x$
Val. nominal y tolerancia			
Valor real (multímetro)			

R_d	R_1/R_2	$R_x = R_1 R_d/R_2$

14.- Con esta configuración se está utilizando el Puente como instrumento de medición para determinar experimentalmente el valor de R_3 , en función de R_1 , R_2 y la década. Calcule ese valor experimental utilizando los valores medidos para R_1 y R_2 , y determine el error porcentual con respecto al valor de R_3 determinado con el multímetro.

Valor de R_3 determinado con el multímetro	Valor de R_3 medido con el Puente de Wheatstone	Error porcentual

15.- Para el circuito de la figura 3(b), considere ahora que la década es la resistencia R_x , cuyo valor va a sufrir variaciones ($R_x + \Delta R$). Inicialmente el Puente está en equilibrio. Realice dos mediciones aumentando la resistencia de la década en cantidades significativamente menores que 10 k Ω (0,4 k Ω y 0,8 k Ω por ejemplo) y otras dos mediciones disminuyendo la resistencia de la década en un

rango similar. Mida cuidadosamente el voltaje E_0 y el voltaje de la fuente V , registre los valores en la siguiente tabla para cada una de las mediciones, determine el valor de ΔR utilizando la expresión que relaciona ΔR con el voltaje de salida del medidor de instrumentación V_o , esto es $\Delta R = K V_o$, donde $K = (Ad E_0 / V)$. Calcule el error porcentual entre este resultado experimental y el valor teórico de la variación de resistencia que se aplicó a la década para cada uno de los casos. Recuerde que el terminal positivo de E_0 está en la rama donde se encuentra conectada la década de resistencias.

ΔR	V	E_0	V_o (amp. instrum.)	$\Delta R = K(V_o)$	% Error

- 19.- Al finalizar la práctica, muéstrele a su profesor todas las anotaciones de las medidas realizadas.
- 20.- Ordene el mesón antes de retirarse del aula, incluyendo las sillas.
- 21.- Recuerde anotar la hora de salida en la carpeta de asistencia.

Informe

I.-La primera parte del informe está constituida por la preparación de la práctica.

II.-En los Resultados incluya los datos obtenidos en el laboratorio.

III.-En el Análisis de Resultados y Conclusiones:

- a) Compare las mediciones del voltaje de “offset” y la Relación de Rechazo en Modo Común realizadas al amplificador diferencial con los datos de la hoja de especificaciones y anote sus conclusiones.
- b) Comente sobre los resultados obtenidos al medir las impedancias de entrada del amplificador diferencial, comparándolos primero con los valores nominales de las resistencias utilizadas, y luego con los valores medidos de dichas resistencias al comenzar la práctica.
- c) Compare la medición de la impedancia de salida del amplificador diferencial con los valores de la hoja de especificaciones y anote sus conclusiones.
- d) Justifique el error porcentual obtenido entre el valor de R_3 medido con el multímetro y el valor experimental de dicha resistencia determinado con el Puente de Wheatstone equilibrado.
- e) Justifique el error porcentual obtenido entre el valor de ΔR medido con el arreglo del puente de Wheatstone y el amplificador de instrumentación y el calculado teóricamente.
- f) Escriba sus conclusiones finales 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.