

# LABORATORIO DE CONTROL

## *Práctica*

### *Función de Transferencia*

## **C O N T E N I D O**

I. Objetivo

II. Antecedentes

III. Material y Equipo

IV. Desarrollo de la Práctica

V. Hoja de Resultados

## ***I. Objetivo***

Conocer la Configuración Básica del Circuito Integrado LM 741.

Obtener la Función de Transferencia de algunos de los Circuitos.

Comprobar los datos prácticos con los calculados teóricamente a través de la función de transferencia.

## ***II. Antecedentes***

Para una comprensión satisfactoria de esta práctica es necesario que el alumno conozca lo siguiente: Equipo de laboratorio: Manejo del osciloscopio, del generador de funciones y fuente de voltaje.

Semiconductores: Deberá conocer los conceptos básicos de la función y operación de amplificadores operacionales.

## ***III. Material y Equipo.***

1 Capacitor cerámico de  $0.1 \mu F$ .

1 Capacitor cerámico de  $.01 \mu F$

1 Circuito integrado LM 741.

1 Resistencia de  $100 K \Omega$  a  $\frac{1}{4} W$ .

2 Resistencia de  $10 K \Omega$  a  $\frac{1}{4} W$ .

4 Resistencia de  $10 M \Omega$  a  $\frac{1}{4} W$ .

1 Resistencia de  $1 M \Omega$  a  $\frac{1}{4} W$ .

Alambre para protoboard

Hoja de Datos del LM741.

Módulo y Tarjeta Prototipo NI ELVIS y software instalado NI ELVIS 2.0.

## ***IV. Desarrollo de la Práctica***

La función de cualquier amplificador es aumentar o amplificar la magnitud de una señal (voltaje, velocidad, potencia, corriente, o cualquier otra variable física) sin que esta sea distorsionada.

Los amplificadores operacionales son dispositivos electrónicos que amplifican señales de voltaje, su ganancia de lazo abierto es muy grande. Son también llamados operacionales porque además de ampliar las señales de entrada pueden realizar operaciones sobre ellas, tales como sumar, integrar, derivar, invertir, comparar, etc.

Debido a estas características los amplificadores operacionales son muy empleados en la simulación analógica de procesos de todo tipo: eléctricos, mecánicos, hidráulicos, neumáticos, térmicos, etc.

Los amplificadores operacionales tienen ciertas propiedades ideales, con las cuales se puede simplificar el análisis de los circuitos que los contienen.

Básicamente estas propiedades son:

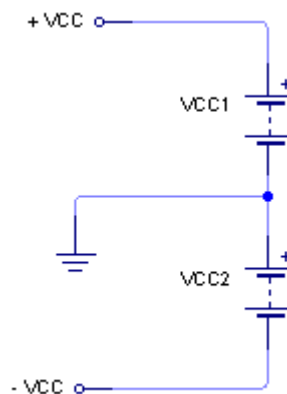
- a) Alta ganancia de voltaje.
- b) Impedancia de entrada infinita.
- c) Impedancia de salida cero.
- d) Respuesta de frecuencia infinita.
- e) Cuando la entrada es igual a cero la salida es igual a cero.
- f) Insensibilidad a la temperatura (DRIFT nulo)

El signo negativo de la función de transferencia es una característica propia del dispositivo conocido como amplificador inversor.

Generalmente se le implementa con una impedancia de entrada y una impedancia de retroalimentación con lo cual su función de transferencia solo depende de estas, dada la alta ganancia del dispositivo.

Con los amplificadores operacionales en algunas ocasiones se podrá observar que siendo el voltaje de entrada igual a cero ( $V_e=0$ ), el voltaje de salida es diferente de cero, lo cual es llamado corrimiento de offset. En especial para el amplificador LM 741 es posible eliminar el corrimiento de offset conectando los extremos de un potenciómetro de  $10K\Omega$  en las terminales correspondientes y el cursor al voltaje negativo con que se alimenta el operacional. Posteriormente variando la posición del cursor se elimina el offset. En forma sencilla y practica la tensión de offset puede reducirse (pero no anularse) colocando una resistencia de equalización en el terminal no inversor.

Para que el amplificador LM 741 funcione es necesario alimentarlo con 2 voltajes de C.D. uno positivo y otro negativo por lo que es necesario contar con una fuente bipolar o en su defecto dos fuentes de voltaje.



*Figura 1. Fuente de voltaje simétrica +/- Vcc*

Cuando no se dispone de fuentes bipolares (simétricas) es posible improvisarlas utilizando fuentes sencillas como se indica en la figura 1, el punto común de las fuentes será el de tierra (o masa) del circuito.

Todas las tensiones presentes en el AOP tendrán como referencia este punto.

En esta práctica se muestran algunas configuraciones básicas de circuitos implementados con

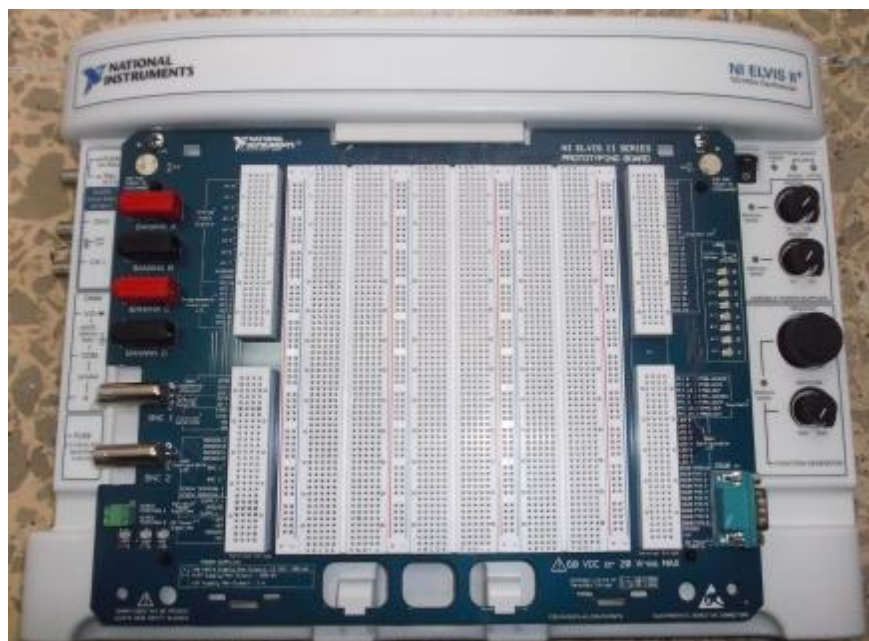
A.O. inversor, amplificador, integrador, derivador y sumador. El alumno podrá comprobar su funcionamiento a través de la observación y el análisis de las respectivas señales de entrada y salida.

La Tarjeta Prototipo de la firma National Instruments NI ELVIS junto con el software que la acompaña funcionarán para poder alimentar al amplificador operacional, generar las señales de entrada y obtener las gráficas de salida de los circuitos armados.

Los Laboratorios de Control y Robótica cuentan con dos modelos de NI ELVIS que se muestran en las siguientes fotografías.



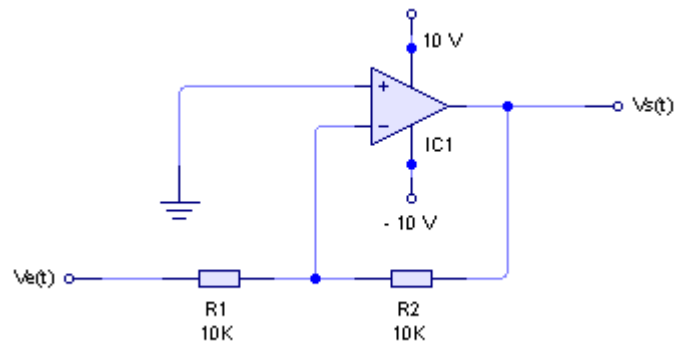
NI ELVIS I



NI ELVIS II

**NOTA:** Realizar todas las conexiones utilizando los pines designados para cada fin sobre la Tarjeta Prototipo. Ya que los bornes del Panel Frontal no tienen conexión con el programa NI ELVIS.

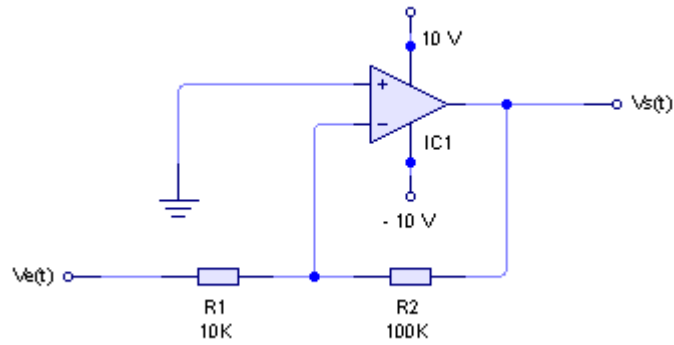
- Armar en la Tarjeta Prototipo el circuito de la figura 2. Sin cerrar el interruptor frontal del NI ELVIS, hasta que sea revisado por el profesor.



*Figura 2. Circuito 1 para armar en la Tarjeta Prototipo.*

### **Instrucciones para utilizar el NI ELVIS I**

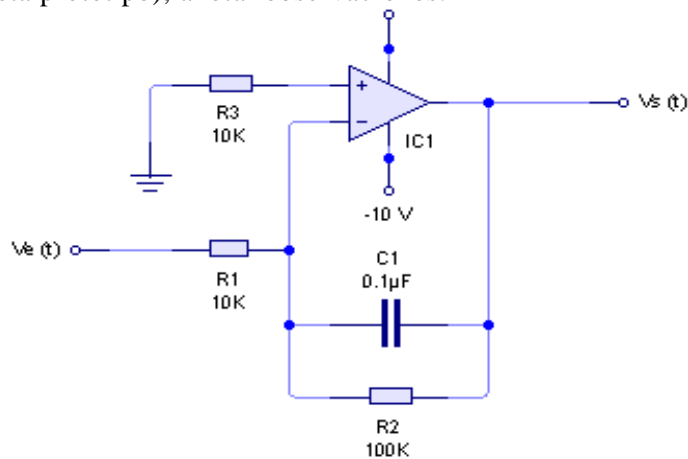
- Revisar las conexiones que se encuentren correctamente. Abrir el programa NI ELVIS y Encender la Tarjeta Prototipo, activar el interruptor posterior de la tarjeta y el interruptor frontal.
- Verificar en el módulo NI ELVIS que el interruptor de comunicaciones se encuentre encendido.
- Abrir el programa para activar las fuentes de potencia variable. (Variable Power Supplies).
- Ajustar la fuente de potencia variable a -10 V. y +10 V
- Abrir el osciloscopio para poder visualizar la onda de salida del generador de funciones.
- Abrir el programa para utilizar el generador de funciones.
- Ajustar el generador de funciones para obtener una señal senoidal de 250 mVpp, con una frecuencia de 100Hz. Visualizandola en el osciloscopio.
- Apagar la tarjeta prototipo. (solo apagador frontal).
- Cuidar de no accionar el apagador posterior ya que esto desconecta la comunicación entre la computadora y el módulo NI ELVIS y deberán realizarse todos los pasos nuevamente.
- Verificar conexiones correctas. Observar que el circuito no se encuentre elevando su temperatura tocando la parte superior, en caso contrario apagar la tarjeta interruptor frontal y corregir las conexiones.
- Observar las señales de  $V_e(t)$  y  $V_s(t)$  en el osciloscopio., comparar las señales y anotar conclusiones.
- Indicar gráficamente la forma de las señales obtenidas, así como los voltajes pico a pico y la magnitud del periodo.
- Armar el siguiente circuito de la figura 3 y repetir los pasos anteriores.



**Figura 3. Circuito 2 para armar en Tarjeta Prototipo.**

- Armar el circuito de la figura 4.
- A una frecuencia de 100 Hz y un voltaje pico a pico de 300 mV, Indicar gráficamente las señales de entrada y salida correspondientes a cada uno de los tres tipos de señales que puede producir el generador de funciones (senoidal, triangular y cuadrada, cambiarlos en la tarjeta prototipo), anotar observaciones.

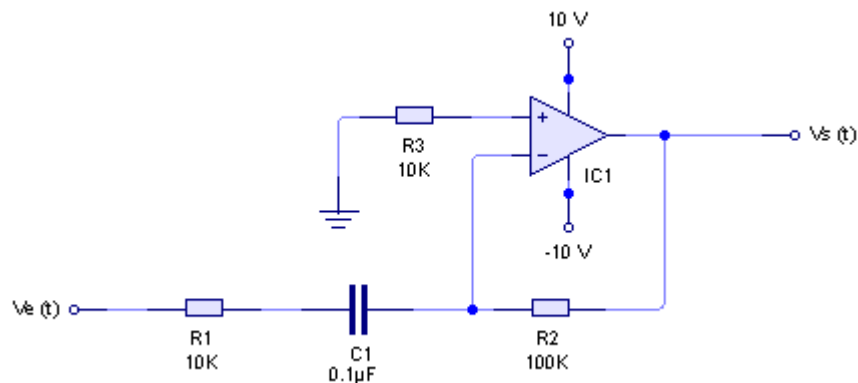
$$R3 = R1 \parallel R2$$



**Figura 4. Circuito 3 para armar en Tarjeta Prototipo.**

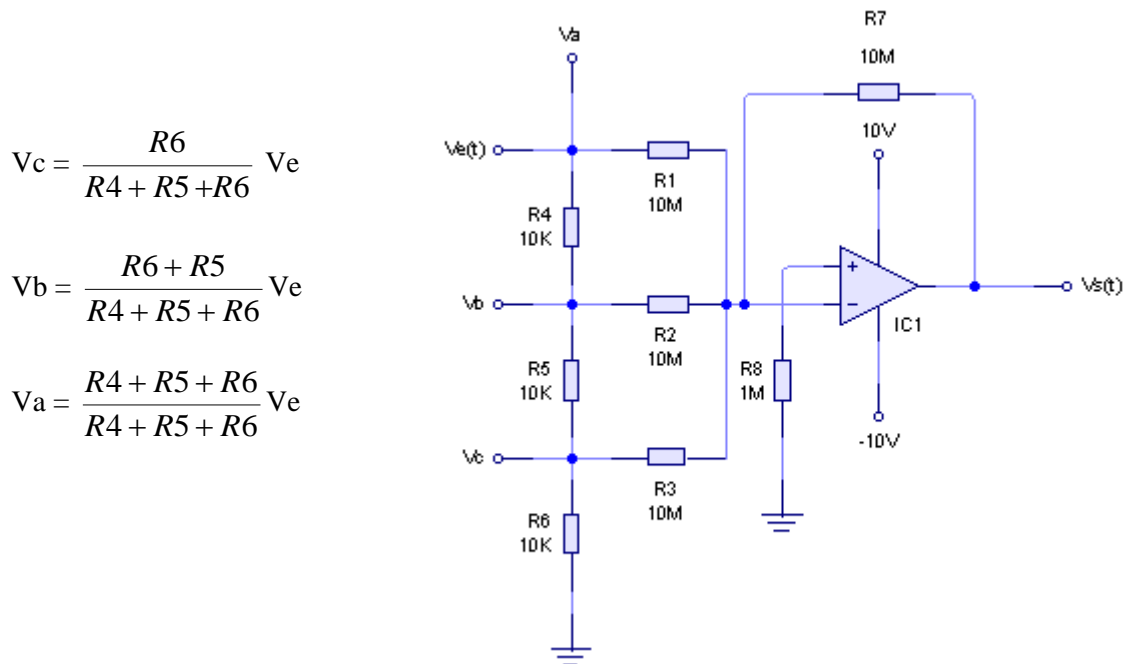
- Armar el circuito de la figura 5 y repetir el punto anterior.

R3 = Resistencia de Ecuilización



**Figura 5. Circuito 4 para armar en Tarjeta Prototipo.**

- Armar el circuito de la figura 6 y ajustar el generador de funciones para obtener una señal senoidal de 4Vpp con una frecuencia de 100Hz.



$R_8 = R_7 \parallel R_1 \parallel R_2 \parallel R_3 = 2.5 \text{ M}\Omega$  PARA EFECTOS DE ESTA PRÁCTICA EN PARTICULAR, LA RESISTENCIA DE ECUALIZACIÓN PODEMOS MANEJARLA CON VALORES MENORES AL CALCULADO. PARA ESTE CASO SERÁ  $R_8 = 1 \text{ M}\Omega$

*Figura 6. Circuito 5 para armar en Tarjeta Prototipo.*

- Observar en el osciloscopio las señales en los puntos  $V_a$ ,  $V_b$  y  $V_c$  del divisor de voltaje.
- Obtener la grafica de las señales en los puntos (obtener las graficas a la salida del AOP pata 6 del 741),  $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$ , e indicar los voltajes pico a pico de cada una de ellos.
- Obtener la grafica de la señal de salida el voltaje pico a pico.
- Obtener las gráficas e indicar el voltaje pico a pico de las señales:


$$\begin{aligned} &V_a + V_b + V_c \\ &V_a + V_b \\ &V_a + V_c \\ &V_b + V_c \end{aligned}$$



## Instrucciones para utilizar el NI ELVIS II

Armar en la Tarjeta Prototipo el circuito de la figura 2.

Conectar las puntas de osciloscopio a las entradas BNC del NI ELVIS II marcadas como CH 0 y CH 1 que se encuentran en la esquina superior izquierda del instrumento.

Hacer las conexiones entre el NI ELVIS II la línea de 127 V y la computadora, revisar las conexiones que se encuentren correctamente, cerrar el interruptor localizado en la parte posterior del NI ELVIS II, localizar en el escritorio de la PC el icono:  dar doble clic con el botón izquierdo y abrirá la barra NI ELVIS Instrument Launcher, de clic con el botón izquierdo del ratón en VPS, FGEN y Scope se abrirán las pantallas para la fuente variable de voltaje, el generador de funciones y el osciloscopio respectivamente.

Note que en la parte baja de la pantalla de cada uno de los instrumentos virtuales que abrió tiene los iconos de RUN y STOP, estos servirán como interruptor de encendido y apagado respectivamente para cada aparato.

Localizar en el lado izquierdo del NI ELVIS II la “Variable Power Supplies” tiene tres líneas hacia la tarjeta Prototipo SUPPLY +, GROUND y SUPPLY - que corresponden a la fuente VPS cuya pantalla ésta abierta.

Localizar en el lado izquierdo del NI ELVIS II “Function Generator” tiene cuatro líneas de conexión a la tarjeta FGEN, SYNC, AM y FM; se utilizara la línea FGEN como la salida del generador de funciones que proporcionara la señal de entrada a los circuitos que se estudiaran durante la práctica.

Con el fin de polarizar el circuito se conectan las líneas SUPPLY +, GROUND y SUPPLY - de la VPS al circuito de la figura 2 a las patas V+, entrada no inversora y V- de acuerdo a la hoja de datos del amplificador operacional 741.

Conectar la línea FGEN a  $V_e(t)$  del circuito de la figura 2.

Conectar el gancho de una de las puntas para osciloscopio a  $V_s(t)$  del circuito de la figura 2, y el caimán de la punta conectarlo a la línea de GROUND de la VPS.

Conectar la punta restante entre la resistencia a la que entre  $V_e(t)$  y la línea de GROUND de la VPS.

Cerrar el interruptor frontal del NI ELVIS II y proceder a ajustar los instrumentos virtuales para estudiar el comportamiento del circuito de la figura 2.

Ajustar la VPS con los voltajes de +10 y -10, hacer clic con el botón izquierdo del ratón en el icono de RUN.

Ajustar el Function Generator con una señal de 100 Hz y 100 mV como entrada al circuito de la figura 2 y hacer clic el icono de RUN del instrumento.

Dar clic en el icono de RUN del osciloscopio, con el fin de revisar si la señal  $V_e(t)$  verificar si el canal a donde está conectada la señal esta habilitado

## V. Hoja de Resultados

1. Empleando los voltajes pico a pico de las señales obtenidas experimentalmente, calcular la ganancia práctica de los circuitos 1, 2, 3 y 4 a través de la formula:

$$A = \frac{-V_s}{V_e}$$

Nota: de los circuitos 3 y 4 solo para la señal senoidal.

2. Obtener la función de transferencia de los circuitos 2, 3 y 4.
3. A partir de la función de transferencia de los circuitos 3 y 4 comprobar la operación de integración y derivación empleando la transformada de Laplace.
4. ¿Qué operación efectúa el circuito 3?
5. ¿Qué operación efectúa el circuito 4?
6. ¿Qué operación efectúa el circuito 5?
7. Del circuito 5; obtener las gráficas y resultados prácticos y teóricos de:  
 $V_a, V_b, V_c$   
 $V_s(t)$   
 $V_a + V_b + V_c$   
 $V_a + V_b$   
 $V_a + V_c$   
 $V_b + V_c$
8. Anotar sus conclusiones.