



Instituto Tecnológico de Querétaro  
Departamento de Ingeniería  
Eléctrica y Electrónica



Guía de Prácticas de Laboratorio

Materia: Amplificadores Operacionales

Laboratorio de Ingeniería Electrónica

Santiago de Querétaro, Qro. Septiembre 2012

**Elaboró**

**M.C. Rodrigo Rodríguez Rubio**

**Ing. José Luis Sánchez Páez**

**Editora**

**Anayeli Sánchez Montoya**



Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica  
Av. Tecnológico S/N, Esq. M. Escobedo, Col. Centro,  
CP.76000 Tel: 2274400 ext. 4418



# CONTENIDO

PRÁCTICA No. 1. IMPEDANCIA DE ENTRADA.....	6
1 OBJETIVO.....	6
2 INTRODUCCIÓN.....	6
3 MARCO TEÓRICO.....	6
4 EQUIPO Y MATERIALES.....	6
5 METODOLOGÍA.....	6
PRÁCTICA No.2. IMPEDANCIA DE SALIDA.....	9
1. OBJETIVO.....	9
2. INTRODUCCIÓN.....	9
3. MARCO TEÓRICO.....	9
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	9
5. METODOLOGÍA.....	10
PRÁCTICA No.3. TENSIÓN DE SALIDA DEL OFFSET.....	12
1. OBJETIVO.....	12
2. INTRODUCCIÓN.....	12
3. MARCO TEÓRICO.....	12
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	12
5. METODOLOGÍA.....	12
PRÁCTICA No. 4. AJUSTE DEL OFFSET NULO.....	14
1. OBJETIVO.....	14
2. INTRODUCCIÓN.....	14
3. MARCO TEÓRICO.....	14
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	14
5. METODOLOGÍA.....	14
PRÁCTICA No.5. SLEWRATE.....	16
1. OBJETIVO.....	16
2. INTRODUCCIÓN.....	16
3. MARCO TEÓRICO.....	16
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	16

PRÁCTICA No. 6. RESPUESTA DE FRECUENCIA EN LAZO ABIERTO .....	19
1. OBJETIVO.....	19
2. INTRODUCCIÓN.....	19
3. MARCO TEÓRICO.....	19
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	19
5. METODOLOGÍA.....	19
PRÁCTICA No. 7. FRECUENCIA DE GANANCIA UNITARIA .....	22
1. OBJETIVO.....	22
2. INTRODUCCIÓN.....	22
3. MARCO TEÓRICO.....	22
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	22
5. METODOLOGÍA.....	22
PRÁCTICA No. 8. RECHAZO EN MODO COMÚN .....	24
1. OBJETIVO .....	24
2. INTRODUCCIÓN .....	24
3. MARCO TEÓRICO.....	24
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	24
5. METODOLOGÍA.....	24
PRÁCTICA No.9 PROPIEDADES E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL.....	27
2 OBJETIVO .....	27
3 INTRODUCCIÓN .....	27
4 MARCO TEÓRICO.....	27
5 EQUIPO Y MATERIALES.....	33
6 METODOLOGÍA.....	33
PRÁCTICA No. 10. DETECTOR DE CRUCE POR CERO .....	36
1 OBJETIVO.....	36
2 INTRODUCCIÓN .....	36
3 MARCO TEÓRICO.....	36
4 EQUIPO Y MATERIALES.....	36

5	METODOLOGÍA.....	36
PRÁCTICA No. 11.VOLTÍMETRO DE COLUMNA LUMINOSA.....		38
2	OBJETIVO.....	38
3	INTRODUCCIÓN.....	38
4	MARCO TEÓRICO.....	38
5	EQUIPO Y MATERIALES.....	38
6	METODOLOGÍA.....	38
PRÁCTICA No. 12. CIRCUITO PWM.....		40
1.	OBJETIVO.....	40
2.	INTRODUCCIÓN.....	40
3.	MARCO TEÓRICO.....	40
4.	EQUIPO Y MATERIALES.....	40
5.	METODOLOGÍA.....	40
PRÁCTICA No. 13. MEZCLADOR DE AUDIO Y CAS.....		43
1.	OBJETIVO.....	43
2.	INTRODUCCIÓN.....	43
3.	MARCO TEÓRICO.....	43
4.	EQUIPO Y MATERIALES.....	43
5.	METODOLOGÍA.....	43
PRÁCTICA No. 14. CIRCUITO DETECTOR DE NIVEL DE VOLTAJE CON AJUSTE INDEPENDIENTE Y VOLTAJE CENTRAL CON HISTÉRESIS.....		45
1.	OBJETIVO.....	45
2.	INTRODUCCIÓN.....	45
3.	MARCO TEÓRICO.....	45
4.	EQUIPO Y MATERIALES.....	45
5.	METODOLOGÍA.....	45
PRÁCTICA No.15. RECTIFICADOR DE PRECISIÓN DE ONDA COMPLETA DE ALTA IMPEDANCIA DE ENTRADA.....		47
1.	OBJETIVO.....	47
2.	INTRODUCCIÓN.....	47
3.	MARCO TEÓRICO.....	47
4.	EQUIPO Y MATERIALES.....	47

5. METODOLOGÍA.....	47
PRÁCTICA No. 16. AMPLIFICADOR DE MUESTREO Y RETENCIÓN .....	49
1. OBJETIVO.....	49
2. INTRODUCCIÓN.....	49
3. MARCO TEÓRICO.....	49
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	49
5. METODOLOGÍA.....	49
PRÁCTICA No. 17. CONVERTIDOR DIGITAL A ANALÓGICO DAC-08 .....	51
1. OBJETIVO.....	51
2. INTRODUCCIÓN.....	51
3. MARCO TEÓRICO.....	51
4. EQUIPO Y MATERIALES.....	51
5. METODOLOGÍA.....	51



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 1**

## PRÁCTICA No. 1. IMPEDANCIA DE ENTRADA

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### 1 OBJETIVO

Una aproximación práctica para encontrar la impedancia de entrada de un Amplificador Operacional.

### 2 INTRODUCCIÓN

La Resistencia  $R_{in}$  es un factor importante en determinar la impedancia de entrada de un circuito Amplificador Operacional la obtención de la impedancia de entrada real de un Amplificador Operacional en un circuito particular fácilmente se realiza con el procedimiento de este experimento. Un potenciómetro se pone en la entrada del amplificador inversor. La señal de entrada entonces se ajusta para una salida no distorsionada. La tensión de entrada entonces se ajusta para una salida no distorsionada. La entrada de tensión se ajusta a  $\frac{1}{2}$  de la amplitud por medio de  $R_p$ . La fuente de alimentación del circuito se quita y el valor de  $R_p$ . se mide con un óhmetro. Este valor representa la impedancia del circuito de entrada del Amplificador Operacional. Un aumento en la frecuencia de señal de entrada varía la impedancia de entrada del circuito a causa de la reactancia capacitiva de la etapa de entrada del Amplificador Operacional.

### 3 MARCO TEÓRICO

N/A

### 4 EQUIPO Y MATERIALES

- 1 Resistencia de 10 k $\Omega$  ( $R_{in}$ )
- 1 Resistencia de 10 k $\Omega$  ( $R_f$ )
- 1 Potenciómetro de alambre enrollado de 50 k $\Omega$  ( $R_p$ )
- 1 Interruptor SPDT ( $S_I$ ).

### 5 METODOLOGÍA

#### 5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica

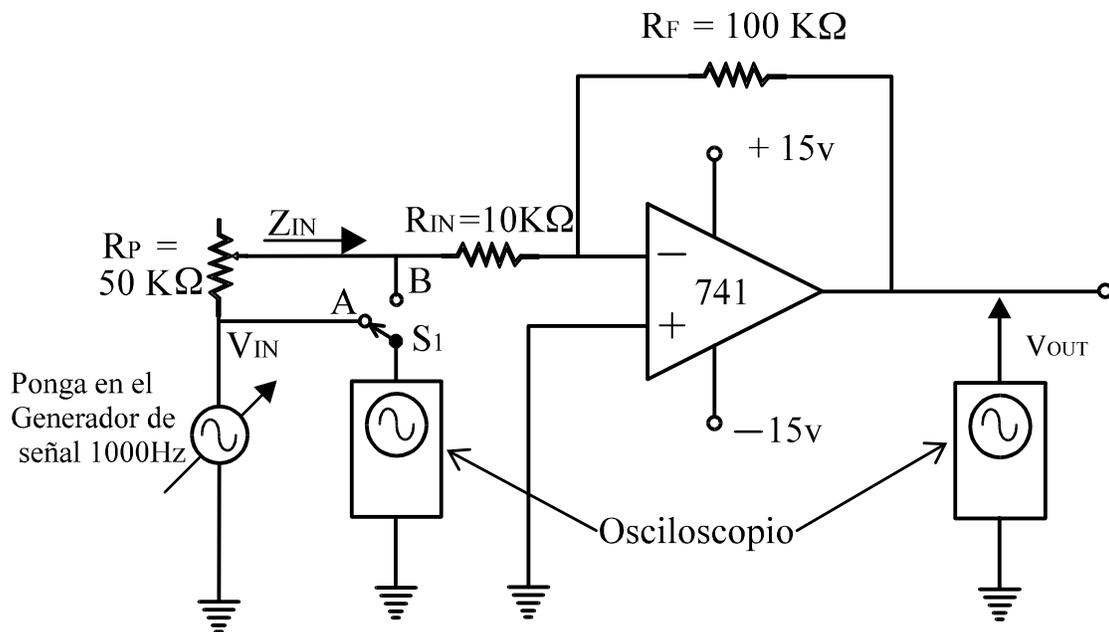
- 5.1.1** Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 10.1. Ponga la terminal variable de  $R_p$  hacia el generador
- 5.1.2** Encienda la fuente de alimentación.
- 5.1.3** Coloque el generador de señal a 1 kHz



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 1**

- 5.1.4** Ajuste la amplitud de salida del generador para un máximo de señal no distorsionada en  $V_{out}$ .
- 5.1.5** Registre el valor de pico-a-pico de  $V_{in}$ .
- 5.1.6** Coloque  $S_I$  en el punto B.
- 5.1.7** Ajuste  $R_p$  hasta que el valor pico-a-pico del valor de  $V_{in}$  sea un medio del valor registrado en el paso 5.
- 5.1.8** Vuelva apagar la fuente de alimentación.
- 5.1.9** Registre el valor del resistor de  $R_p$  desde la terminales variable al final de la conexión del generador.
- 5.1.10** Repita a través de los pasos 5.1.2 al 5.1.9 para las siguientes frecuencias: 100 Hz, 10 kHz, 50 kHz, y 100 kHz.

## 5.2 Diagramas o dibujo



**Fig. 10.1.** Circuito para medición de la impedancia de entrada.

## 5.1 Tablas

N/A



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 1**

## 5.2 Precauciones y/o Notas

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la figura del punto 5.2:**

1. ¿Cuál es el valor de  $V_{in}$  en el paso 5?
2. ¿Cuál es el valor dividido por 2?
3. ¿Por qué se toma la lectura óhmica de  $R_p$  desde la terminal variable a la conexión final del generador?
4. ¿Cuál es la impedancia de entrada del Amplificador Operacional?
5. ¿Cambia la impedancia de entrada con las diferentes señales de entrada de frecuencias?



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 2**

## PRÁCTICA No.2. IMPEDANCIA DE SALIDA

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### 1. OBJETIVO

Una aproximación práctica para encontrar la impedancia de salida del Amplificador Operacional.

### 2. INTRODUCCIÓN

La impedancia de salida de un circuito Amplificador Operacional puede encontrarse con un procedimiento similar como se hizo para encontrar la impedancia de entrada en el Experimento 1-1. La señal de tensión de entrada se ajusta para una salida de tensión no distorsionada. La Resistencia  $R_p$  entonces se conecta a la salida. La tensión de salida debería disminuir la carga bajo la  $R_p$  del circuito. La Resistencia  $R_p$  entonces se ajusta para la tensión original de salida. La fuente del circuito se quita y  $R_p$  se mide con un óhmetro. El valor medido estará con el valor de la impedancia de salida del circuito Amplificador Operacional.

### 3. MARCO TEÓRICO

N/A

### 4. EQUIPO Y MATERIALES

- 1 Resistencia de 10 k $\Omega$  ( $R_{in}$ )
- 1 Resistencia de 100 k $\Omega$  ( $R_f$ )
- 1 Potenciómetro de alambre enrollado de 1 k $\Omega$  ( $R_p$ )
- 1 Condensador (no polarizado) de 1 $\mu$ F ( $C_I$ )
- 1 Interruptor SPDT ( $S_I$ )



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 2**

## 5. METODOLOGÍA

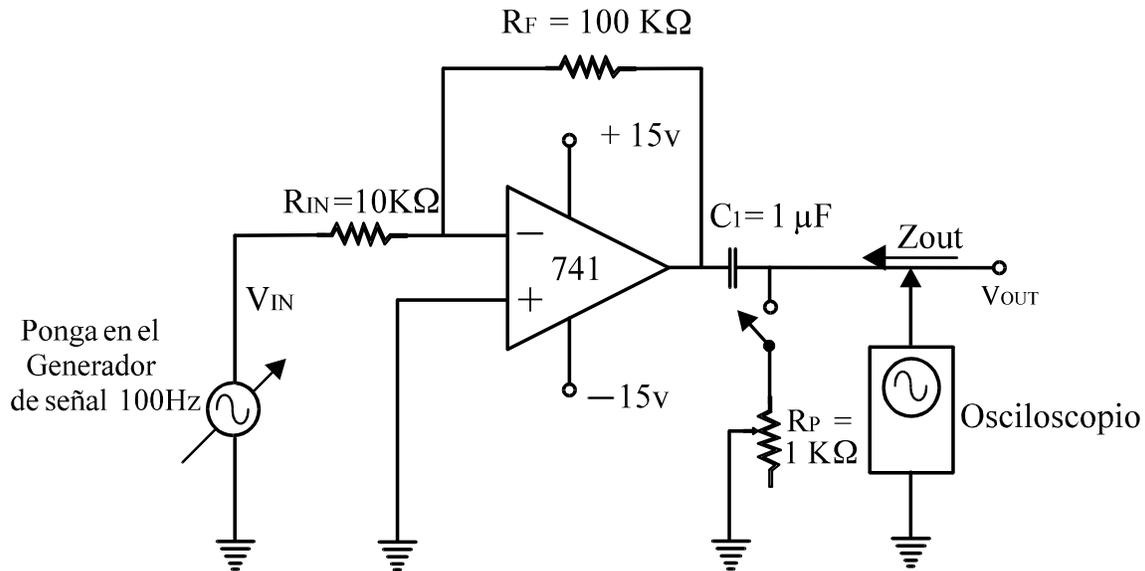
### 1.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica

- 1.1.1** Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 11.1.
- 1.1.2** Coloque el generador de señal sinusoidal en 100 Hz.
- 1.1.3** Encienda la fuente de alimentación.
- 1.1.4** Ajuste la amplitud de salida del generador para una señal máxima no distorsionada en  $V_{out}$ .
- 1.1.5** Registre el valor pico a pico de  $V_{out}$
- 1.1.6** Cierre  $S_1$
- 1.1.7** Observe como se afecta  $V_{out}$ .
- 1.1.8** Ajuste  $R_p$  para que  $V_{out}$  sea igual como el obtenido originalmente en el paso 5.
- 1.1.9** Vuelva apagar la fuente de alimentación.
- 1.1.10** Registre el valor óhmico de  $R_p$  desde la terminal variable al final de la conexión del generador.
- 1.1.11** Repita a través de los pasos 5.1.2 al 5.1.10 para las siguientes frecuencias: 100 Hz, 10 kHz, 50 kHz y 100 kHz.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 2**

## 1.2 Diagramas o dibujo



**Fig. 11.1** Circuito para medición de la impedancia de entrada.

## 1.3 Tablas

N/A

## 1.4 Precauciones y/o Notas

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la figura del punto 5.2:**

1. ¿Cuál es el valor de  $V_{out}$  en el paso 5?
  - a. Para 100 Hz:
  - b. Para 10 kHz:
  - c. Para 50 kHz:
  - d. Para 100 kHz:
2. ¿Por qué se lee el valor óhmico de  $R_p$  desde la terminal variable hasta la conexión final de  $S_1$ ?
3. ¿Cuál es la impedancia de salida del Amplificador Operacional?
4. ¿Cambia la impedancia de salida con las diferentes frecuencias de señal de entrada?



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 3**

## PRÁCTICA No.3. TENSIÓN DE SALIDA DEL OFFSET

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### 1. OBJETIVO

Probaremos la tensión de salida de compensación (offset) que existe en un Amplificador Operacional

### 2. INTRODUCCIÓN

Este experimento es una continuación de los Experimento 1-1 y 1-2 que nos muestra la tensión de error que se produce en la salida cuando no se ajustan o se usan las entradas de offset. Los circuitos de c.c. son amplificadores inversores con una ganancia de 10. Teóricamente, la tensión en la salida debería ser cero como se muestra en el circuito.

### 3. MARCO TEÓRICO

N/A

### 4. EQUIPO Y MATERIALES

- Resistencia de 10 k $\Omega$  ( $R_{in}$ )
- Resistencia de 100 k $\Omega$  ( $R_f$ )

### 5. METODOLOGÍA

#### 1.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica

- 1.1.1 Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 12.1
- 1.1.2 Coloque el voltímetro de c.c. en la escala más baja.
- 1.1.3 Encienda la fuente de alimentación.
- 1.1.4 Registre  $V_{out}$ .
- 1.1.5 Vuelva apagar la fuente de alimentación.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES  
CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002  
PRÁCTICA No. 3

## 1.2 Diagramas o dibujo

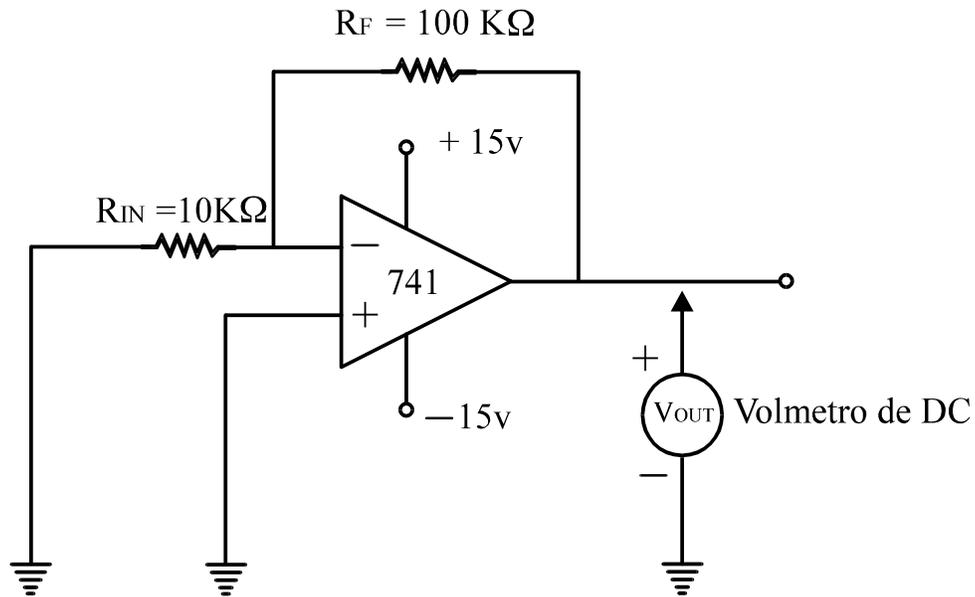


Figura 12.1 Circuito para medición de la tensión de salida del offset.

## 1.3 Tablas

N/A

## 1.4 Precauciones y/o Notas

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la Fig. 12.1:**

1. ¿Cuál es el valor de  $V_{out}$ ?
2. ¿Cuál es el valor de la tensión de offset de salida?



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 4**

## PRÁCTICA No. 4. AJUSTE DEL OFFSET NULO

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### 1. OBJETIVO

Mostraremos un método de corregir errores de tensión de compensación.

### 2. INTRODUCCIÓN

Los experimentos 1-1 y 1-2 mostraron la salida de un circuito Amplificador Operacional, el circuito podría ajustarse a cero voltios usando a la entrada resistencias. Algunos Amplificadores Operacionales tienen pines extras para ajustar la salida a cero referido a como contrarresta el ajuste nulo. El amplificador inversor mostrado en la Fig. 13.1 se ajusta con un potenciómetro de 10 k $\Omega$ .

### 3. MARCO TEÓRICO

N/A

### 4. EQUIPO Y MATERIALES

- 1 Resistencia de 10 k $\Omega$  ( $R_{in}$ )
- 1 Resistencia de 100 k $\Omega$  ( $R_f$ )
- Potenciómetro de alambre enrollado de 10 k $\Omega$  ( $R_p$ )
- Interruptor SPDT ( $S_1$ )

### 5. METODOLOGÍA

#### 5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica

- 5.1.1 Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 13.1.
- 5.1.2 Coloque el voltímetro de c.c. en la escala más baja.
- 5.1.3 Encienda la fuente de alimentación.
- 5.1.4 Registre  $V_{out}$ .
- 5.1.5 Cierre  $S_1$  y ajuste  $R_n$  para  $V_{out}$  mínimo (esperando que sea cero). Este método de ajuste nulo de compensación usa las conexiones internas del Amplificador Operacional.
- 5.1.6 Vuelva apagar la fuente de alimentación.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES  
CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002  
PRÁCTICA No. 4

## 5.2 Diagramas o dibujo

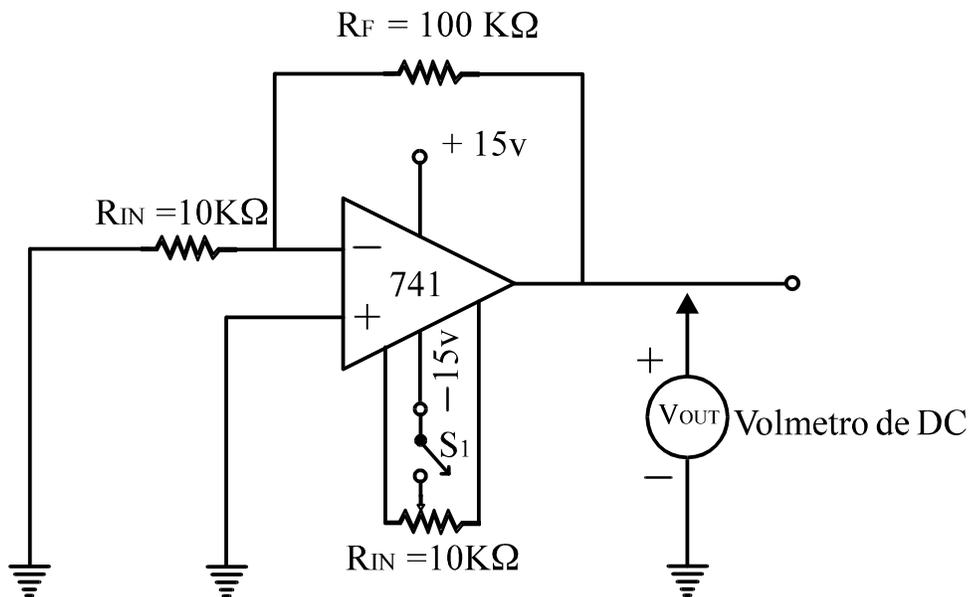


Figura 13.1 Circuito para medición del ajuste del offset.

## 5.3 Tablas

N/A

## 5.4 Precauciones y/o Notas

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la Fig. 13.1:**

1. ¿Cuál es el valor de  $V_{out}$  cuando  $S_1$  es abierto? -
2. ¿Con  $S_1$  Cerrado y  $R_n$  adecuadamente ajustado, cual es el valor de  $V_{out}$ ? 0V.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 5**

## PRÁCTICA No.5. SLEWRATE

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### 1. OBJETIVO

Demostraremos las limitaciones del Amplificador Operacional debido a su slewrate.

### 2. INTRODUCCIÓN

El slewrate es simplemente cuando se sobrepasan la amplitud del tensión de salida de un Amplificador Operacional que puede cambiar y se relaciona a la frecuencia y distorsión del slewrate. Una señal cuadrada de entrada puede verse deformada en la salida de un Amplificador Operacional a causa de las capacitancias internas y demora su propagación. Esta distorsión comúnmente aparece a través de los bordes arrastrar y principalmente señales de esa tensión. Diverso frecuencias ocasionará más o menos distorsión. Cuidadosamente midan los cambios mostrado en la Fig. 14.1 para cálculos precisos.

### 3. MARCO TEÓRICO

N/A

### 4. EQUIPO Y MATERIALES

- 1 Resistencia de 10 k $\Omega$  ( $R_{in}$ )
- 1 Resistencia de 100 k $\Omega$  ( $R_f$ )



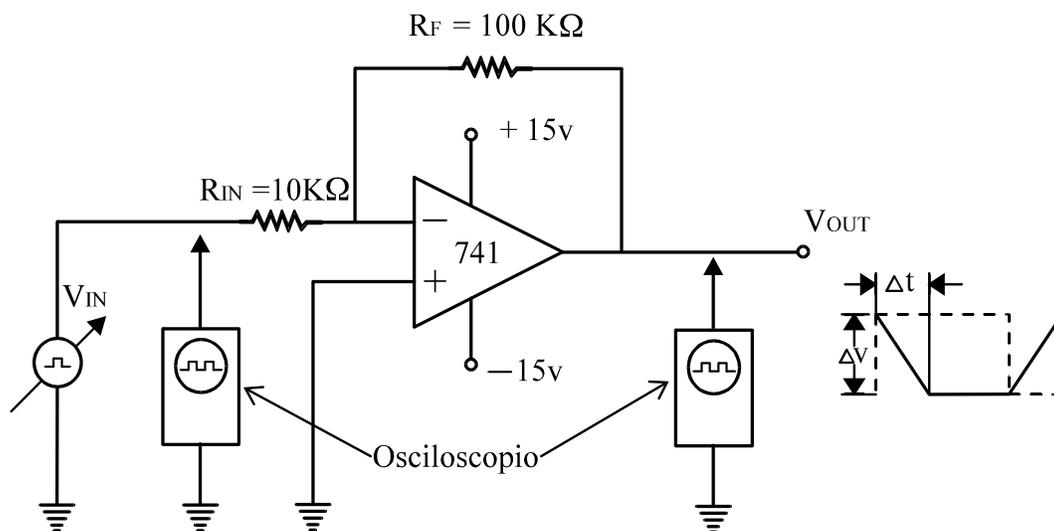
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 5**

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica

- 5.1.1 Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 14.1
- 5.1.2 Coloque el generador en onda cuadrada en 10 kHz.
- 5.1.3 Ajuste la amplitud de salida del generador a 1 V<sub>pp</sub>.
- 5.1.4 Encienda la fuente de tensión.
- 5.1.5 Observe  $V_{in}$  y saque la tensión precisa de la forma de onda, indicando amplitud y tiempo.
- 5.1.6 Observe  $V_{out}$  y saque un dibujo exacto de tensión de la forma de onda, indicando amplitud y tiempo,
- 5.1.7 Calcule el valor de respuesta con la fórmula  $SR = \Delta V / \Delta t$ .
- 5.1.8 Repita a través de los pasos 5.1.2 al 5.1.7 para las frecuencias siguientes: 100 Hz, 1 kHz, 50 kHz, y 100 kHz.

### 5.2 Diagramas o dibujo



**Fig. 14.1** Circuito para determinar el slewrate.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 5**

### **5.3 Tablas**

N/A

### **5.4 Precauciones y/o Notas**

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la Fig. 14.1:**

¿Cuál es el  $\Delta V$  en el circuito en 10 kHz?

¿Cuál es el  $\Delta t$  en el circuito en 10 kHz?

¿Cuál es el valor de la slew rate de este circuito?

¿El slew rate aumenta de valor, disminuye, o permanece igual cuando se disminuye la frecuencia de entrada?

¿El slew rate aumenta, disminuye, o permanece igual cuando se aumenta la frecuencia de entrada?



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 6**

## **PRÁCTICA No. 6. RESPUESTA DE FRECUENCIA EN LAZO ABIERTO**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### **1. OBJETIVO**

Mostraremos el límite y respuesta e inestabilidad de frecuencia en el modo de ganancia de lazo abierto

### **2. INTRODUCCIÓN**

Este experimento puede ser un poco difícil en desempeñarse a causa de que no cuenta con ninguna resistencia de retroalimentación y la ganancia resultante es alta. Un generador variable de señal se pone en la entrada del circuito. El generador se ajusta para la frecuencia y la amplitud ambos para no producir un tensión de salida distorsionado del Amplificador Operacional La ganancia en frecuencias más altas debería caer fuera o aproximadamente a cero.

### **3. MARCO TEÓRICO**

N/A

### **4. EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

### **5. METODOLOGÍA**

#### **5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 15.1 Porque la ganancia de lazo abierto del Amplificador Operacional es sumamente alta, el circuito es sumamente sensible y todos los conductores deberán de ser tan corto como sea posible. Las mediciones serán difíciles desempeñar y deberán tener cuidado en tomarse para asegurar la exactitud.

**5.1.2** Encienda la fuente de alimentación.

**5.1.3** Ajuste el generador para una señal no distorsionada en el Amplificador Operacional Use frecuencias diversas dadas en la tabla de datos y registre  $V_{in}$  y  $V_{out}$ .

**5.1.4** Vuelva apagar la fuente de alimentación.

**5.1.5** Calcule la ganancia de tensión para cada frecuencia dada por la fórmula:  $A_v = V_{out}/V_{in}$  Registre la respuesta en la tabla de datos.

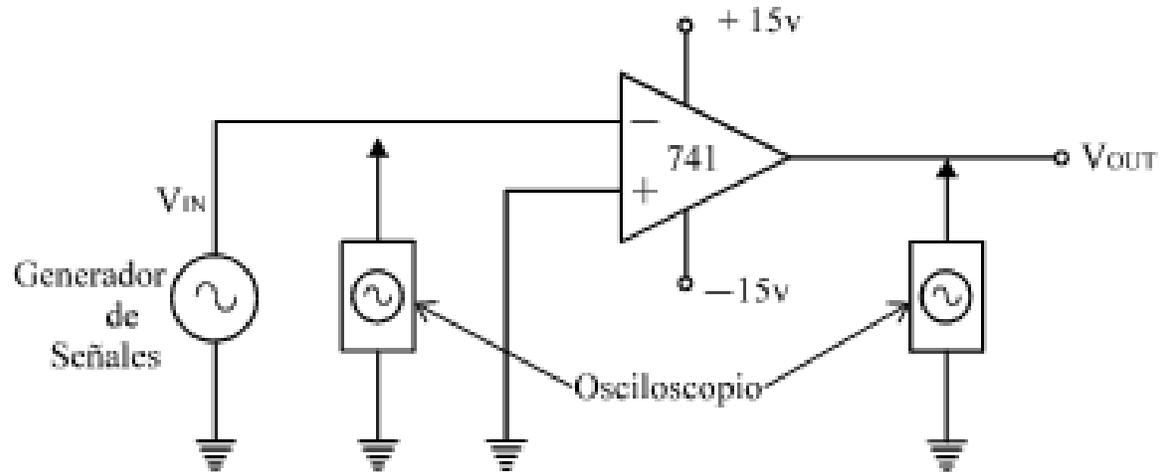
**5.1.6** Calcule la ganancia en dB para cada frecuencia dada por la fórmula  $dB = 20 \text{ Log} (V_{out} / V_{in})$ . Registre las respuestas en los datos de registro.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 6**

**5.1.7** Esboce una gráfica de  $A_V$  contra la frecuencia mediante los resultados mostrado en la tabla de datos. (Intente de usar el papel semilogaritmico para graficas).

**5.2 Diagramas o dibujo**



**Fig. 15.1** Circuito para la respuesta de frecuencia en lazo cerrado.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 6**

**5.3 Tablas**

<b>Frecuencia. (kHz)</b>	<b>V<sub>in</sub></b>	<b>V<sub>out</sub></b>	<b>A<sub>v</sub></b>	<b>AdB</b>
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				
200				
300				
400				
500				

**5.4 Precauciones y/o Notas**

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la figura del punto 5.2:**

- ¿Cuál de las frecuencias tuvo la ganancia más alta?
- ¿Cuál de las frecuencias tuvo la ganancia más baja?
- ¿Cuándo aumento la frecuencia, qué sucede con  $\Delta V$ ?
- ¿Cuál es la pérdida en dB desde 1 Hz a 10 kHz?



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 7**

## **PRÁCTICA No. 7. FRECUENCIA DE GANANCIA UNITARIA**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### **1. OBJETIVO**

Comprobar en qué frecuencia  $V_{in}$  es igual a  $V_{out}$

### **2. INTRODUCCIÓN**

La frecuencia de ganancia unitaria es la frecuencia máxima que pasa por un Amplificador Operacional donde su ganancia de tensión es 1 V. El parámetro ayuda establecer la respuesta de frecuencia de un Amplificador Operacional Para más información.

### **3. MARCO TEÓRICO**

N/A

### **4. EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

### **5. METODOLOGÍA**

#### **5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 16.1

**5.1.2** Encienda la fuente de alimentación.

**5.1.3** Coloque el generador a 100 Hz y ajuste la amplitud del generador a 100 mV o menos, para producir frecuencias arriba de 2 MHz deberá usarse, o un generador de audio y un generador de  $R_f$  se necesitará. Desde que este circuito está en modo de lazo abierto, los mismos problemas se encontrarán como con el experimento previo.

**5.1.4** Mientras que  $V_{in}$  sea constante, corra el generador a través de sus frecuencias hasta que  $V_{out}$  esté por el valor de  $V_{in}$ . Esto significará que controlará tanto la entrada y la salida simultáneamente o tomando medidas muchas veces.

**5.1.5** Cuando  $V_{out}$  es igual a  $V_{in}$ , registre la frecuencia que coloco en el generador.

**5.1.6** Vuelva apagar la fuente de alimentación.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES  
CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002  
PRÁCTICA No. 7

## 5.2 Diagramas o dibujo

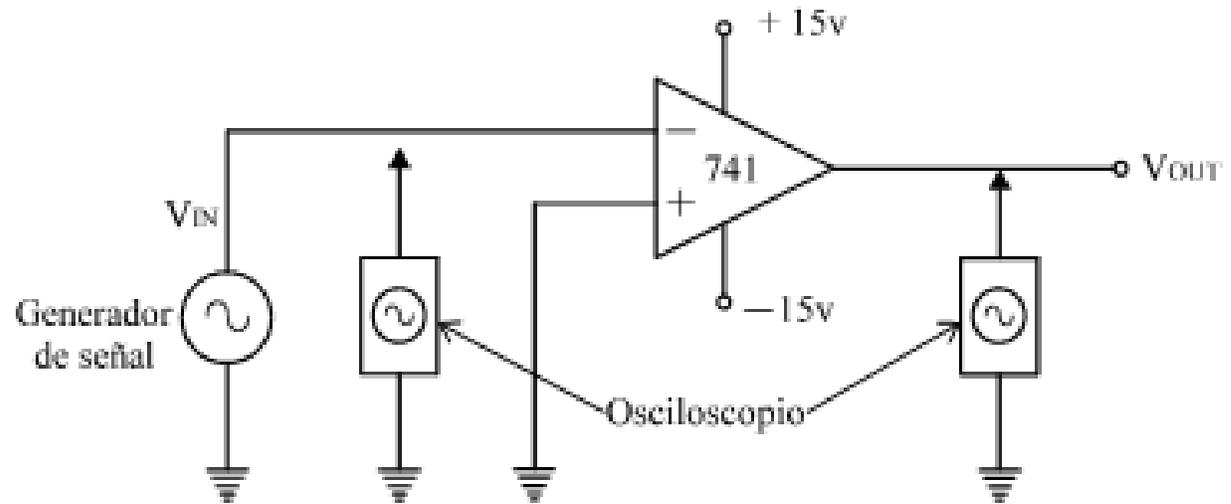


Fig. 16.1 Circuito para la frecuencia de ganancia unitaria.

## 5.3 Tablas

N/A

## 5.4 Precauciones y/o Notas

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la Fig. 16.1:**

¿En qué frecuencia la  $\Delta V$  es igual a 1 ( $V_{in} = V_{out}$ )?

¿Qué es frecuencia de ganancia unitaria del Amplificador Operacional?



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

## **PRÁCTICA No. 8. RECHAZO EN MODO COMÚN**

**No. DE ALUMNOS:**

**DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:**

### **1. OBJETIVO**

Demostraremos la eficacia de rechazo de modo común

### **2. INTRODUCCIÓN**

Rechazo en modo común es la capacidad de un Amplificador Operacional para rechazar señales indeseables en las entradas. Por ejemplo, la frecuencia estándar de la fuente eléctrica de 60 Hz puede encontrarse en las entradas de un Amplificador Operacional. Estos 60 Hz están en la fase se induce en cada entrada. Un Amplificador Operacional ideal no debería amplificar estos 60 Hz, mientras que amplifica la señal normal de tensión de entrada. Este circuito ha sido conectado a la entrada junto para establecer la situación del modo común. Cada frecuencia colocada requiere dos medidas de tensión para ser capaz de calcular la relación de rechazo de modo común.

### **3. MARCO TEÓRICO**

N/A

### **4. EQUIPO Y MATERIALES**

- 1 Resistencia de 1 k $\Omega$  ( $R_1$ )
- 1 Condensador (no polarizado) de 1 $\mu$ F ( $C_1$ )

### **5. METODOLOGÍA**

#### **5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Con la fuente de alimentación apagada, construya el circuito mostrado en la Fig. 17.1

**5.1.2** Encienda la fuente de alimentación.

**5.1.3** Coloque el generador para una señal no distorsionada de salida de 100 Hz.

**5.1.4** Registre  $V_{in}$  y  $V_{out}$  en la tabla de datos como una primera lectura para 100Hz.

**5.1.5** Reduzca la amplitud del generador y registre  $V_{in}$  y  $V_{out}$  en la tabla de datos.

**5.1.6** Repita a través de los pasos 5.1.3 al 5.1.5 para frecuencias de 1 kHz, 10 kHz y 100 kHz, como se muestran en la tabla de datos.

**5.1.7** Vuelva apagar la fuente de alimentación

**5.1.8** . Calcule el cambio pequeño en  $V_{in}$  ( $\Delta V_{in}=V_{in}-V_{in2}$ ) para la frecuencia dada.

**5.1.9** Calcule el cambio pequeño en  $V_{out}$  ( $\Delta V_{out}=V_{out}-V_{out2}$ ) para cada frecuencia dada.



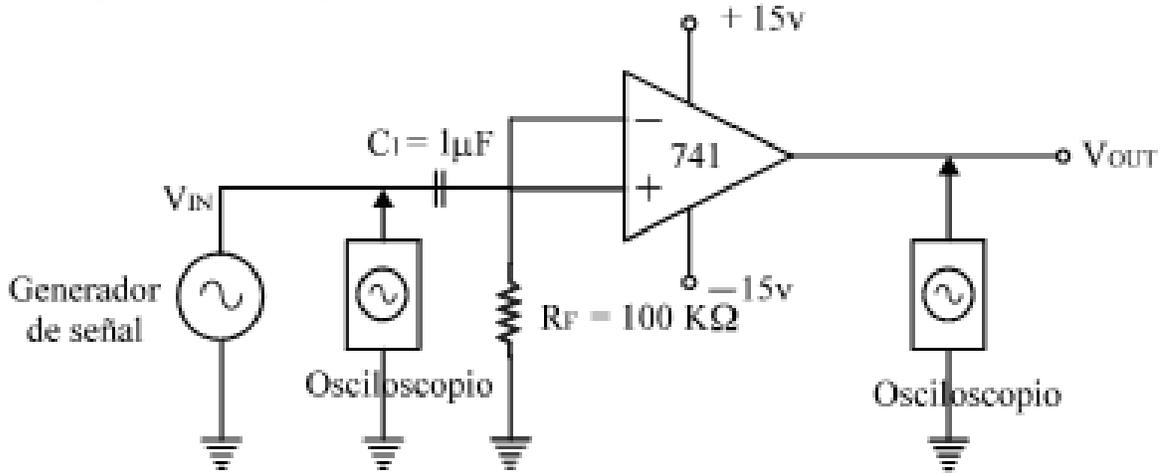
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

**5.1.10** Calcule la relación  $\Delta V_{in}/\Delta V_{out}$  para cada frecuencia y regístrelo en la tabla de datos.

**5.1.11** Convierta esta relación a -dB para cada frecuencia mediante la fórmula  $dB = 20 \text{Log} (\Delta V_{in}/\Delta V_{out})$

**5.1.12** Registre las respuestas en la tabla de datos (Tabla 17.1)

**5.2 Diagramas o dibujo**



**Fig. 17.1.** Circuito para el rechazo de modo común.

**5.3 Tablas**

Frec. (Hz)	$V_{in1}$	$V_{in2}$	$V_{out1}$	$V_{out2}$	$\Delta V_{in} / \Delta V_{out}$	dB
100						
1 k						
10 k						
100 k						

**Tabla 17.1**

**5.4 Precauciones y/o Notas**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

Los valores obtenidos entre paréntesis son los valores con el osciloscopio flotado. Ya que antes el osciloscopio estaba conectado con las tres terminales.

**\*Responda las siguientes preguntas relacionadas con la Fig. 17.1:**

¿Qué se lee en - dB para 1 kHz?

¿Qué se leer en - dB para 10 kHz?

¿Qué sucede al rechazo en modo común cuando aumenta la frecuencia?



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

## **PRÁCTICA No.9 PROPIEDADES E IMPLEMENTACIÓN DE UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### **2 OBJETIVO**

N/A

### **3 INTRODUCCIÓN**

N/A

### **4 MARCO TEÓRICO**

El nombre del amplificador operacional fue dado a los amplificadores de alta ganancia diseñados para ejecutar operaciones matemáticas de suma, resta, multiplicación y división los modernos amplificadores operacionales lineales integrados, trabajan con bajos voltajes son de bajo costo de reducido tamaño, versátiles y de muchas aplicaciones en la ingeniería tales como en comunicación, control, etc.

El OPAMP es básicamente un muy buen amplificador de alta ganancia de c.d. Tiene 5 terminales básicas, 2 para la polarización, 2 para señales de entrada y 1 para la señal de salida. Internamente son complejos y a menudo utilizan más de 20 transistores.

#### **Características del amplificador operacional**

Es conveniente introducir las características de un OPAMP ideal considerando que la mayoría de sus aplicaciones pueden analizarse y diseñarse para el OPAMP ideal obteniendo errores que pueden ser despreciables. Sin embargo, cuando el OPAMP es usado en circuitos de alta precisión y/o en aplicaciones en altas frecuencias, es necesario examinar las consecuencias de las propiedades no ideales del OPAMP. Así las características reales o ideales de un OPAMP 741 son las siguientes:

Impedancia de entrada	infinita	2 M $\Omega$
Impedancia de salida	0	75 $\Omega$
Ganancia de voltaje A <sub>o</sub>	infinita	200000
Ancho de banda BW unitaria	infinita	1 MHz



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

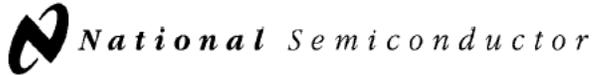
Balance: $V_1=0$ , $V_2=0$	$V_o=0$	$V_o=5mV$
Factor de rechazo en modo común CMRR	infinita	106 dB
Corriente de entrada $I_n$	0	30 n
Voltaje diferencial	0	$\pm 65 \mu V$

A continuación les presentamos una hoja de datos de un fabricante del amplificador operacional LM741 para que comparen lo dicho anteriormente y vean que tan cerca es este amplificador a lo ideal para trabajar en proyectos y materias donde se podría utilizar.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

**LM741 Operational Amplifier**



November 1994

## LM741 Operational Amplifier

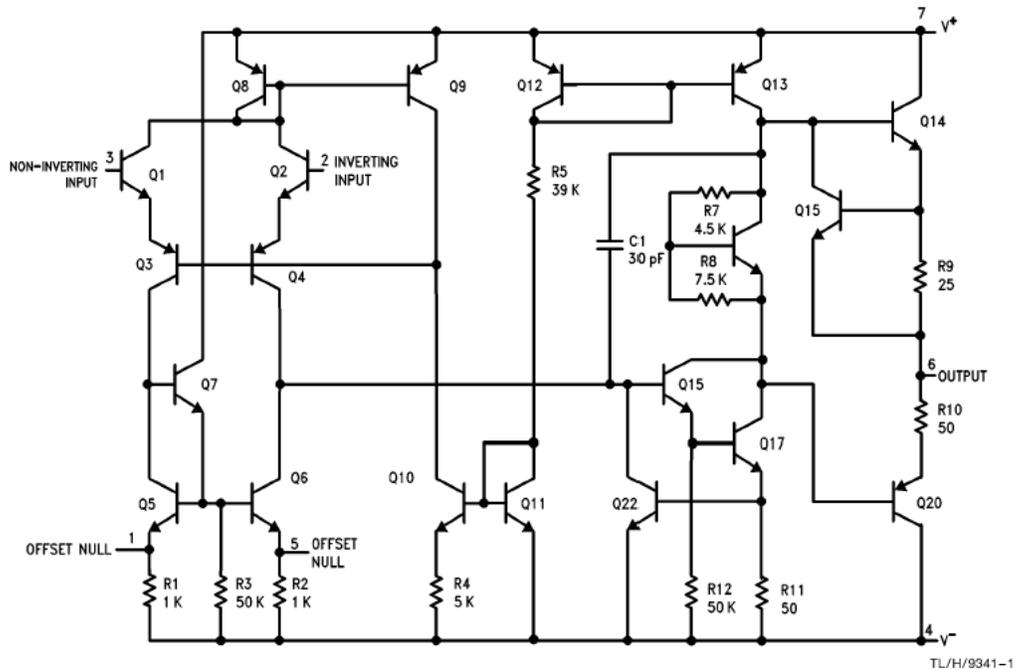
### General Description

The LM741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards like the LM709. They are direct, plug-in replacements for the 709C, LM201, MC1439 and 748 in most applications. The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and

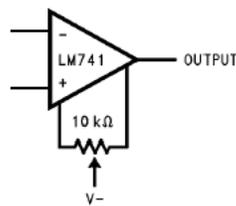
output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

The LM741C/LM741E are identical to the LM741/LM741A except that the LM741C/LM741E have their performance guaranteed over a 0°C to +70°C temperature range, instead of -55°C to +125°C.

### Schematic Diagram



Offset Nulling Circuit



TL/H/9341-7



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

**Absolute Maximum Ratings**

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.  
 (Note 5)

	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Supply Voltage	±22V	±22V	±22V	±18V
Power Dissipation (Note 1)	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Differential Input Voltage	±30V	±30V	±30V	±30V
Input Voltage (Note 2)	±15V	±15V	±15V	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
Operating Temperature Range	-55°C to +125°C	0°C to +70°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Junction Temperature	150°C	100°C	150°C	100°C
Soldering Information				
N-Package (10 seconds)	260°C	260°C	260°C	260°C
J- or H-Package (10 seconds)	300°C	300°C	300°C	300°C
M-Package				
Vapor Phase (60 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
Infrared (15 seconds)	215°C	215°C	215°C	215°C
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.				
ESD Tolerance (Note 6)	400V	400V	400V	400V

**Electrical Characteristics** (Note 3)

Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ $R_S \leq 50\Omega$		0.8	3.0		1.0	5.0		2.0	6.0	mV mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$			4.0			6.0			7.5	mV mV
Average Input Offset Voltage Drift				15							$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Voltage Adjustment Range	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	±10				±15			±15		mV
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	30		20	200		20	200	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			70		85	500			300	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5							$\text{nA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	80		80	500		80	500	nA
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$			0.210			1.5			0.8	$\mu\text{A}$
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_S = \pm 20\text{V}$	1.0	6.0		0.3	2.0		0.3	2.0		M $\Omega$
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}, V_S = \pm 20\text{V}$	0.5									M $\Omega$
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$							±12	±13		V
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$				±12	±13					V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}, R_L \geq 2\text{ k}\Omega$ $V_S = \pm 20\text{V}, V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}, V_O = \pm 10\text{V}$	50			50	200		20	200		V/mV V/mV
	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}, R_L \geq 2\text{ k}\Omega,$ $V_S = \pm 20\text{V}, V_O = \pm 15\text{V}$ $V_S = \pm 15\text{V}, V_O = \pm 10\text{V}$	32									V/mV V/mV
	$V_S = \pm 5\text{V}, V_O = \pm 2\text{V}$	10			25			15			V/mV



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

<b>Electrical Characteristics</b> (Note 3) (Continued)											
Parameter	Conditions	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	$\pm 16$									V V
	$V_S = \pm 15V$ $R_L \geq 10\text{ k}\Omega$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$				$\pm 12$ $\pm 10$	$\pm 14$ $\pm 13$		$\pm 12$ $\pm 10$	$\pm 14$ $\pm 13$		V V
Output Short Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$	10 10	25	35 40		25			25		mA mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$ , $V_{CM} = \pm 12V$ $R_S \leq 50\Omega$ , $V_{CM} = \pm 12V$	80	95		70	90		70	90		dB dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_{AMIN} \leq T_A \leq T_{AMAX}$ $V_S = \pm 20V$ to $V_S = \pm 5V$ $R_S \leq 50\Omega$ $R_S \leq 10\text{ k}\Omega$	86	96		77	96		77	96		dB dB
Transient Response Rise Time Overshoot	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , Unity Gain		0.25 6.0	0.8 20		0.3 5			0.3 5		$\mu\text{s}$ %
Bandwidth (Note 4)	$T_A = 25^\circ\text{C}$	0.437	1.5								MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , Unity Gain	0.3	0.7			0.5			0.5		V/ $\mu\text{s}$
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$					1.7	2.8		1.7	2.8	mA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$ $V_S = \pm 20V$ $V_S = \pm 15V$		80	150		50	85		50	85	mW mW
LM741A	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			165 135							mW mW
LM741E	$V_S = \pm 20V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$			150 150							mW mW
LM741	$V_S = \pm 15V$ $T_A = T_{AMIN}$ $T_A = T_{AMAX}$					60 45	100 75				mW mW

**Note 1:** For operation at elevated temperatures, these devices must be derated based on thermal resistance, and  $T_j$  max. (listed under "Absolute Maximum Ratings").  $T_j = T_A + (\theta_{JA} P_D)$ .

Thermal Resistance	Cerdip (J)	DIP (N)	HO8 (H)	SO-8 (M)
$\theta_{JA}$ (Junction to Ambient)	100°C/W	100°C/W	170°C/W	195°C/W
$\theta_{JC}$ (Junction to Case)	N/A	N/A	25°C/W	N/A

**Note 2:** For supply voltages less than  $\pm 15V$ , the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

**Note 3:** Unless otherwise specified, these specifications apply for  $V_S = \pm 15V$ ,  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$  (LM741/LM741A). For the LM741C/LM741E, these specifications are limited to  $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$ .

**Note 4:** Calculated value from:  $BW$  (MHz) =  $0.35/\text{Rise Time}(\mu\text{s})$ .

**Note 5:** For military specifications see RETS741X for LM741 and RETS741AX for LM741A.

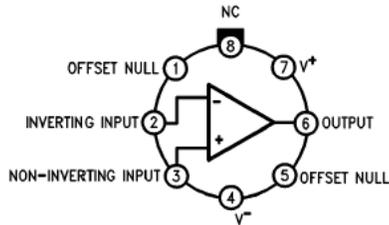
**Note 6:** Human body model, 1.5 k $\Omega$  in series with 100 pF.



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

**Connection Diagrams**

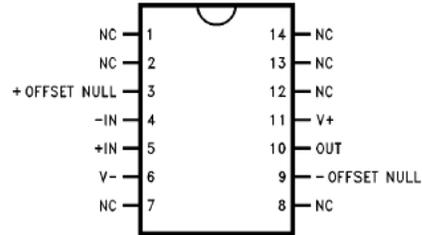
**Metal Can Package**



TL/H/9341-2

**Order Number LM741H, LM741H/883\*,  
 LM741AH/883 or LM741CH**  
 See NS Package Number H08C

**Ceramic Dual-In-Line Package**

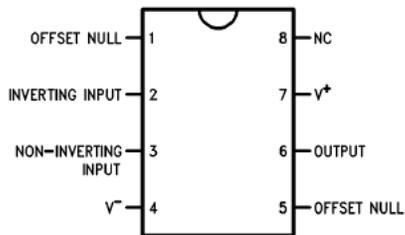


TL/H/9341-5

**Order Number LM741J-14/883\*, LM741AJ-14/883\*\***  
 See NS Package Number J14A

\*also available per JM38510/10101  
 \*\*also available per JM38510/10102

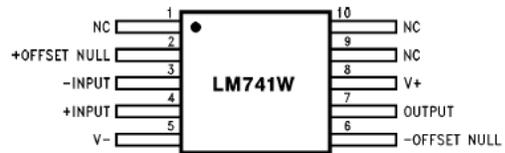
**Dual-In-Line or S.O. Package**



TL/H/9341-3

**Order Number LM741J, LM741J/883,  
 LM741CM, LM741CN or LM741EN**  
 See NS Package Number J08A, M08A or N08E

**Ceramic Flatpak**



TL/H/9341-6

**Order Number LM741W/883**  
 See NS Package Number W10A

\*LM741H is available per JM38510/10101



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

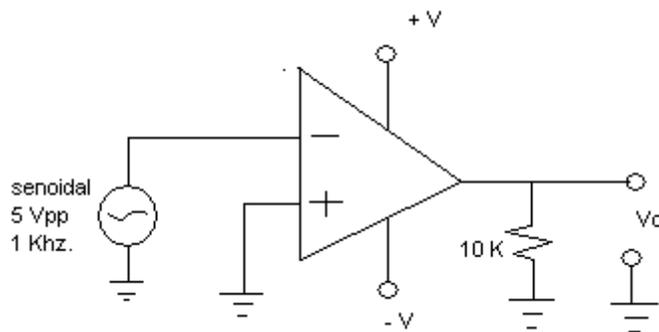
**5 EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

**6 METODOLOGÍA**

**5.3 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

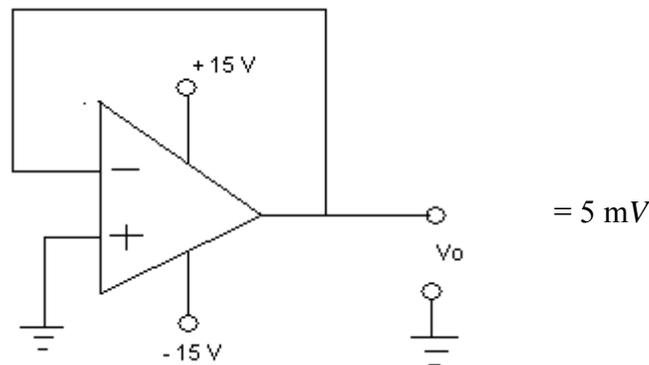
**5.1.1** Arme el circuito de la siguiente Fig. 1.1 y tome la lectura de voltaje de la Tabla 1.1.



**Fig. 1.1.**

Voltaje de alimentación	Voltaje Saturación	De ración
	+Vsat	-Vsat
15 V		
12 V		
6 V		
10V		
5 V		

**5.1.2** Hacer el siguiente circuito, medir  $V_o$  justificando por qué es esa medición y reajustarlo.



**Fig. 1.2**

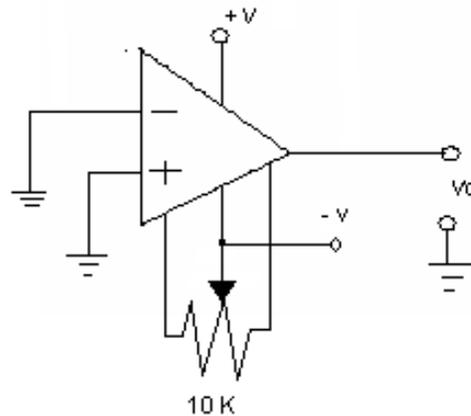
Al hacer el circuito anterior nos dimos cuenta que nos da una medición de alrededor de 5 mili volts en la salida de el amplificador esto quiere decir que esta medida es el voltaje



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

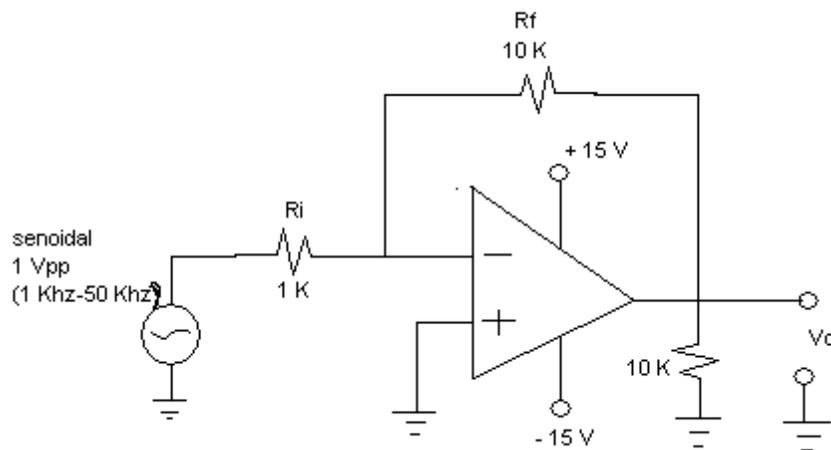
offset de salida que para ser ideal tendría que ser de cero pero este error es debido al desbalanceamiento interior del OPAMP.

Ya conocido el porqué es este valor ahora se muestra con un circuito el cómo poder quitar ese error de offset para mandar la medición de mili voltaje a cero.



**Fig. 1.3**

**5.1.3** varié la frecuencia de la señal  $V_i$  de 1 a 50 kHz. y observe a partir de qué valor de frecuencia la señal de salida se empieza a distorsionar.



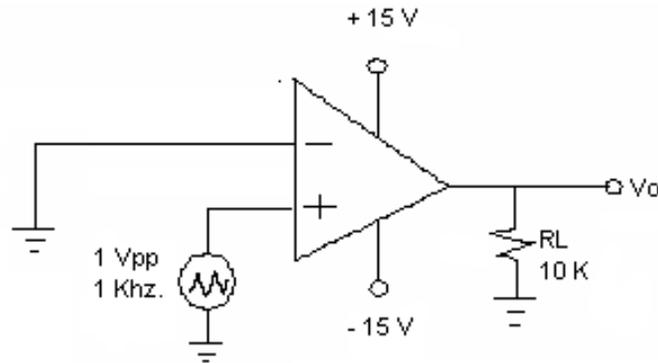
**Fig. 1.4**

En el armado de este circuito variando la frecuencia de la señal de entrada la señal se empieza a distorsionar a partir de los 20 kHz. Con valor de 1 volts pico a pico.

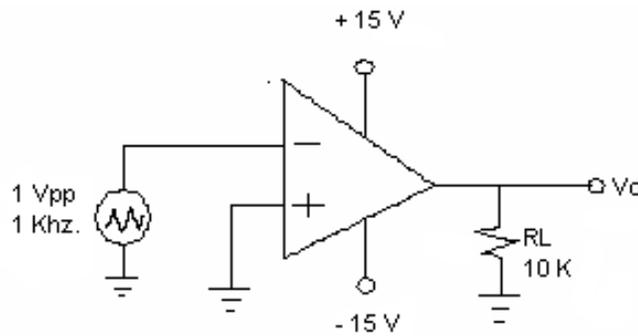


**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 8**

**5.1.4** Obtener la forma de onda de salida y superponerla con la de la entrada en una gráfica.



**Fig. 1.5**



**Fig. 1.6**



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 10**

## **PRÁCTICA No. 10. DETECTOR DE CRUCE POR CERO**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### **1 OBJETIVO**

N/A

### **2 INTRODUCCIÓN**

N/A

### **3 MARCO TEÓRICO**

N/A

### **4 EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

### **5 METODOLOGÍA**

#### **5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Arme el circuito detector de cruce por cero que se muestra a continuación en la Fig. 2.1 y explique su funcionamiento obteniendo las formas de onda de salida.

**5.1.2** Arme el segundo circuito de la Fig. 2.2 y compruebe su funcionamiento

**5.1.3** Describa el funcionamiento del circuito.

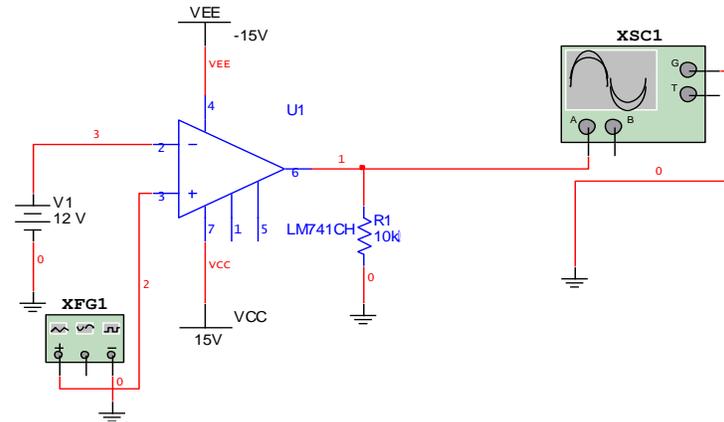
**5.1.4** Qué formas de ondas se obtuvieron mediante este circuito.

**5.1.5** Escriba sus observaciones y conclusiones.

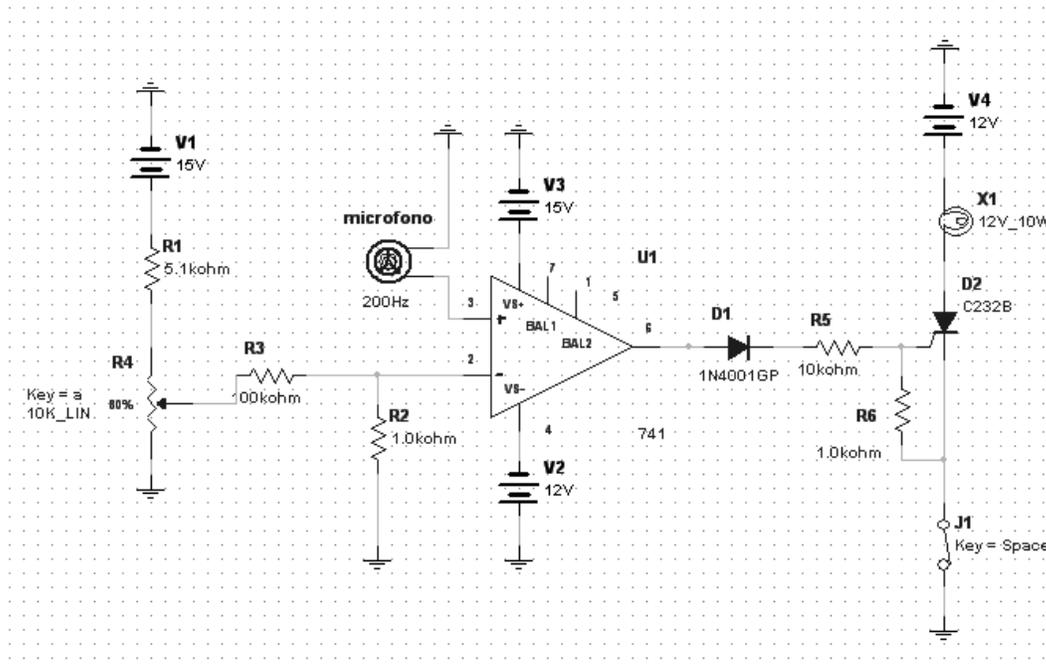


**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 10**

**5.4 Diagramas o dibujo**



**Fig. 2.1.** Formas de ondas del detector de cruce por cero



**Fig. 2.2.** Diagrama eléctrico



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 11**

## PRÁCTICA No. 11. VOLTÍMETRO DE COLUMNA LUMINOSA

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### 2 OBJETIVO

Observar el funcionamiento del OPAMP como comparador de voltaje.

### 3 INTRODUCCIÓN

N/A

### 4 MARCO TEÓRICO

N/A

### 5 EQUIPO Y MATERIALES

- 10 OPAMP 741
- 10 Resistencia de 220  $\Omega$
- 10 Diodos
- 10 Leds
- 10 Resistencia de 1 k $\Omega$
- 1 Pot de 10 k $\Omega$

### 6 METODOLOGÍA

#### 5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica

Un voltímetro grafico luminoso se construye con el circuito de la Fig. 3.1 que se muestra a continuación, el Pot se ajusta de modo que fluya 1 mA a través del circuito divisor con resistencias iguales  $R_1$  a  $R_{10}$ . Se establecen 10 voltajes de referencia separados en pasos de  $V$  desde 1V hasta 10V.

**5.1.1** Compruebe su funcionamiento aplicando una señal de audio en  $V_i$ .



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES  
CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002  
PRÁCTICA No. 11

5.2. Diagramas o dibujo

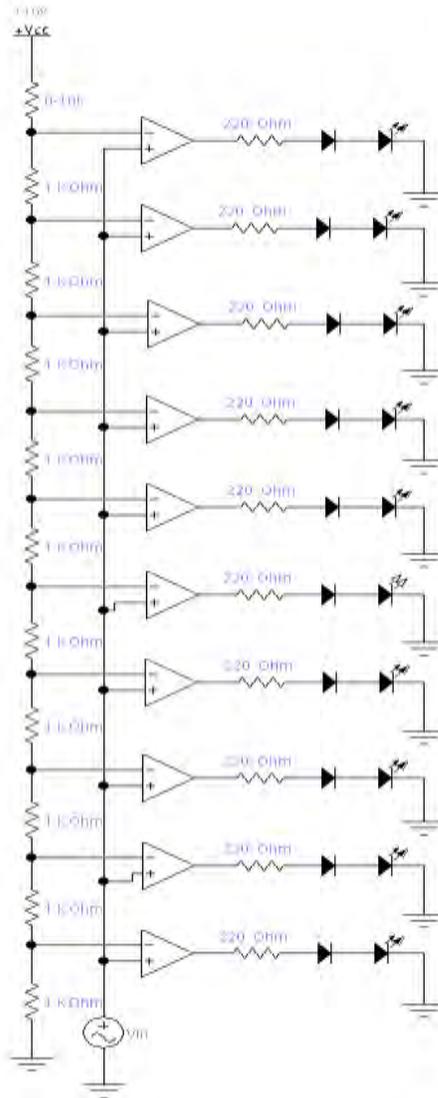


Fig. 3.1. Circuito para construir un voltímetro grafico luminoso



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 12**

**PRÁCTICA No. 12. CIRCUITO PWM**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

**1. OBJETIVO**

N/A

**2. INTRODUCCIÓN**

N/A

**3. MARCO TEÓRICO**

N/A

**4. EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

**5. METODOLOGÍA**

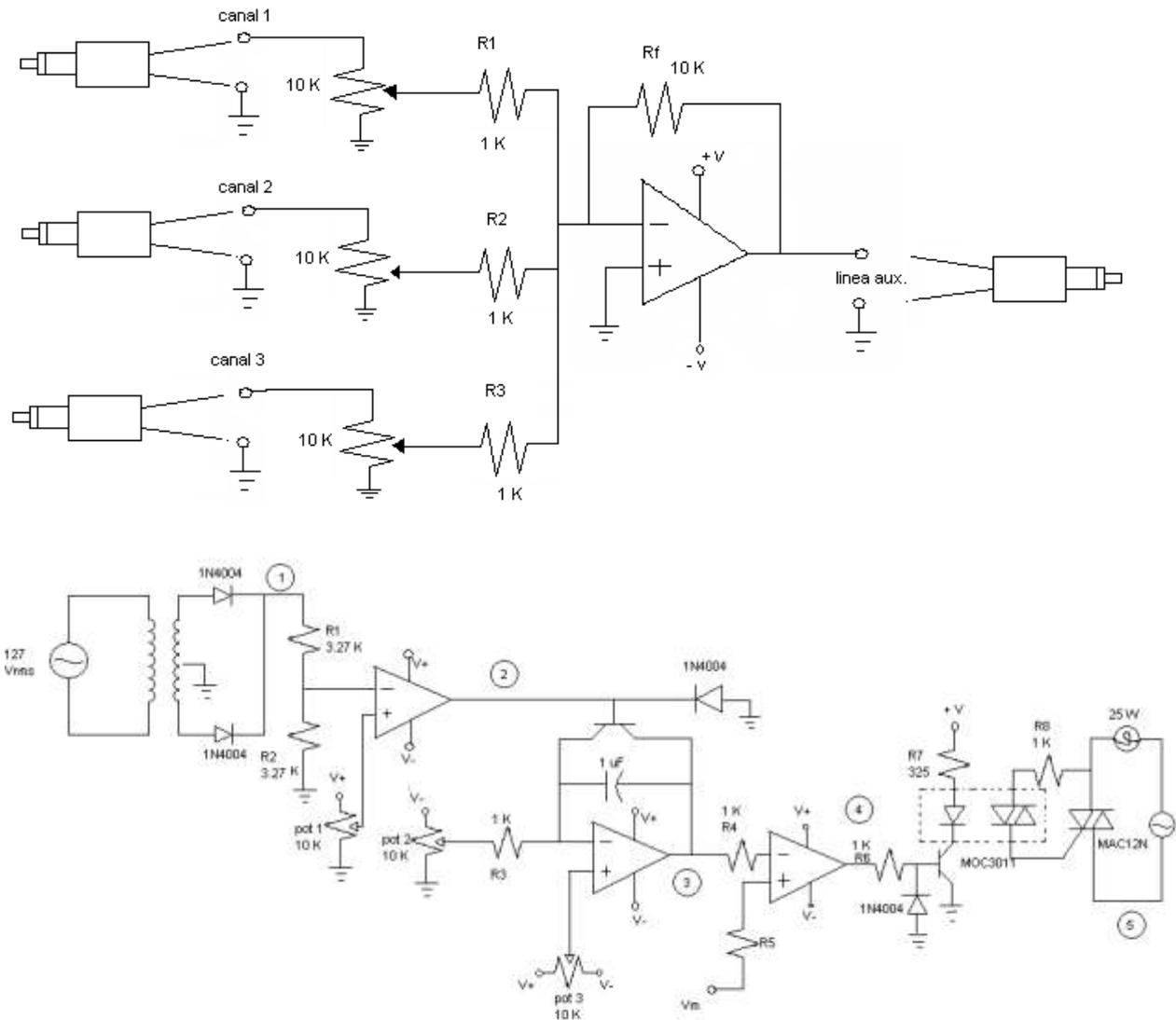
**5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1 Mezclador de sonido**

Diseñe un circuito mezclador de audio como el que se muestra a continuación en la Fig. 4.1 en el diagrama eléctrico y compruebe su funcionamiento aplicando tres diferentes señales de audio en cada canal.

**5.1.2** Diseñe un circuito PWM como el que se muestra en la Fig. 4.2 y compruebe su funcionamiento obteniendo en un osciloscopio las formas de onda que se indican en los puntos 1, 2, 3, 4 y 5 de la figura.

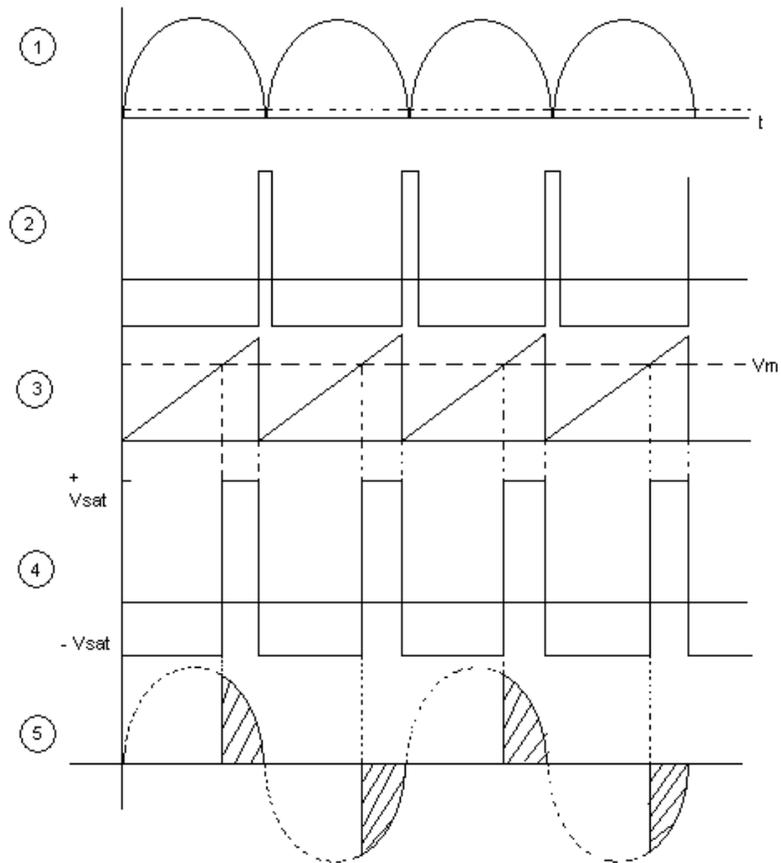
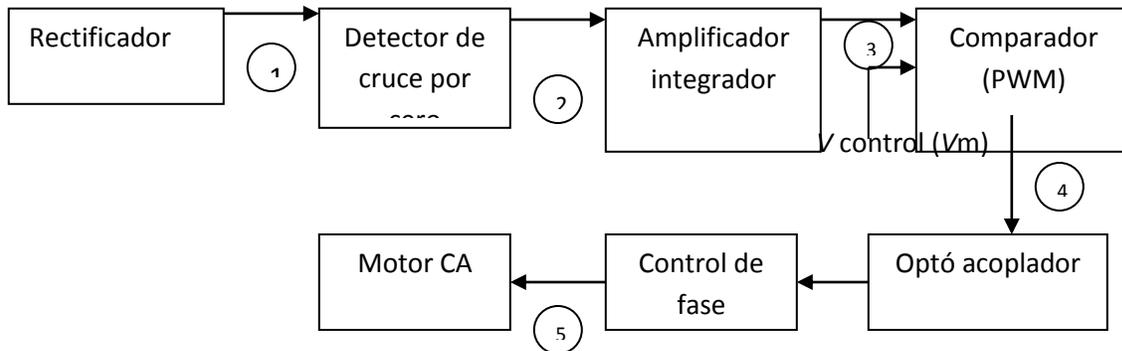
### 5.2 Diagramas o dibujo



**Figura 4.1** Diagrama eléctrico. Circuito mezclador de sonido



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 12**



**Figura 4.2** Formas de onda



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 13**

## PRÁCTICA No. 13. MEZCLADOR DE AUDIO Y CAS

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### 1. OBJETIVO

N/A

### 2. INTRODUCCIÓN

N/A

### 3. MARCO TEÓRICO

N/A

### 4. EQUIPO Y MATERIALES

N/A

### 5. METODOLOGÍA

#### 5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica

**5.1.1** Diseñe un circuito mezclador de audio como el que se muestra a continuación en el diagrama eléctrico de la Fig. 5.2 y compruebe su funcionamiento aplicando tres diferentes señales de audio en cada canal.

**5.1.2** Diseñe un circuito acondicionador de señal (CAS) con los siguientes requerimientos de diseño:

#### CIRCUITO ACONDICIONADOR DE SEÑAL (CAS)

El margen de rango que se planteó de la temperatura a medir está comprendido entre 0 °C a 50 °C; el margen del convertidor A/D que el circuito se suponía nos tendría que entregar era de 0 V a 5 V. Se pretende que la salida del SAC sea lineal, es decir, cuando la temperatura medida por el sensor sea de 0 °C, la salida del SAC será de 0 V; cuando el sensor mida 10 °C, la salida del SAC será de 1 V y así sucesivamente hasta llegar a los 50 °C en cuyo caso la salida del SAC sería de 5 V.



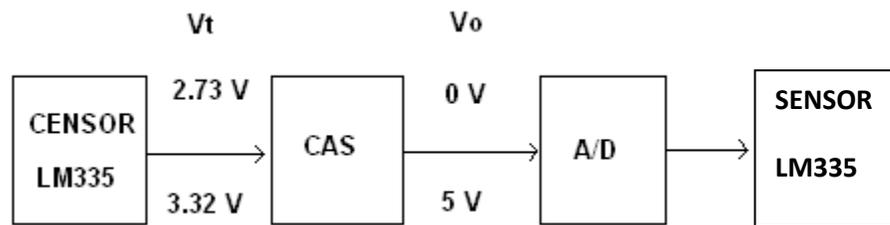
**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 13**

Características del censer LM335  
 Sensibilidad: 10 mV/ °K  
 Rango de temperatura: -10 a 100 °C  
 Corriente: 5 a 400 μA

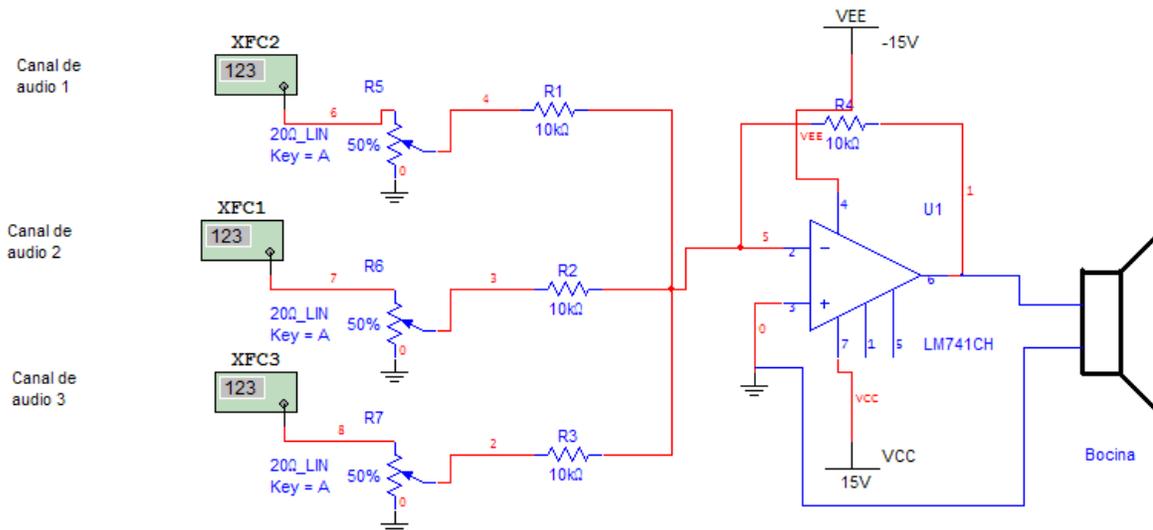
El voltaje de salida del SAC expresado en °C  
 $V_t = 10 \text{ mV}/^\circ\text{K} (T \text{ en } ^\circ\text{C}) + 2.73 \text{ V}$

**5.1.3** Describa su funcionamiento:

**5.2 Diagramas o dibujo**



**Fig. 5.1.** Circuito CAS a bloques



**Figura 5.2** Diagrama eléctrico. Circuito mezclador de audio



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 14**

**PRÁCTICA No. 14. CIRCUITO DETECTOR DE NIVEL DE  
VOLTAJE CON AJUSTE INDEPENDIENTE Y VOLTAJE  
CENTRAL CON HISTÉRESIS**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

**1. OBJETIVO**

N/A

**2. INTRODUCCIÓN**

N/A

**3. MARCO TEÓRICO**

N/A

**4. EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

**5. METODOLOGÍA**

**5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Implementar el circuito cargador de baterías que se muestra en la Fig. 6.1 y comprobar su funcionamiento.

**5.1.1.1** Una resistencia ajustable, para fijar el valor de  $V_h$ .

**5.1.1.2** Una resistencia ajustable separada para fijar el valor de voltaje central.

**5.1.1.3** Los ajustes de  $V_h$  y  $V_{ctr}$  independientes.

**5.1.1.4** El voltaje central tiene que ser igual o estar relacionado de manera sencilla con un voltaje de referencia externa



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES  
CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002  
PRÁCTICA No. 14

5.2 Diagramas o dibujo

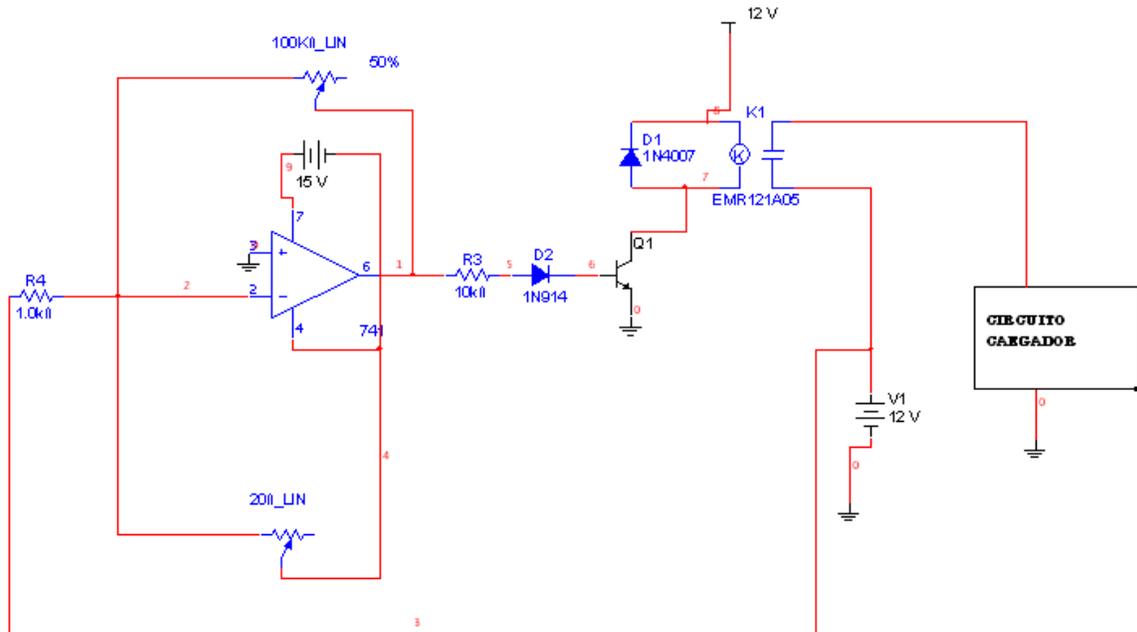


Figura 6.1. Diagrama eléctrico de un circuito cargador de baterías



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 15**

## **PRÁCTICA No.15. RECTIFICADOR DE PRECISIÓN DE ONDA COMPLETA DE ALTA IMPEDANCIA DE ENTRADA**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

### **1. OBJETIVO**

N/A

### **2. INTRODUCCIÓN**

N/A

### **3. MARCO TEÓRICO**

N/A

### **4. EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

### **5. METODOLOGÍA**

#### **5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Arme los circuitos rectificadores de precisión que se muestran a continuación en la Fig. 7.1.

**5.1.2** Compruebe y explique su funcionamiento obteniendo las formas de onda a la salida.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES  
CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002  
PRÁCTICA No. 15

5.2 Diagramas o dibujo

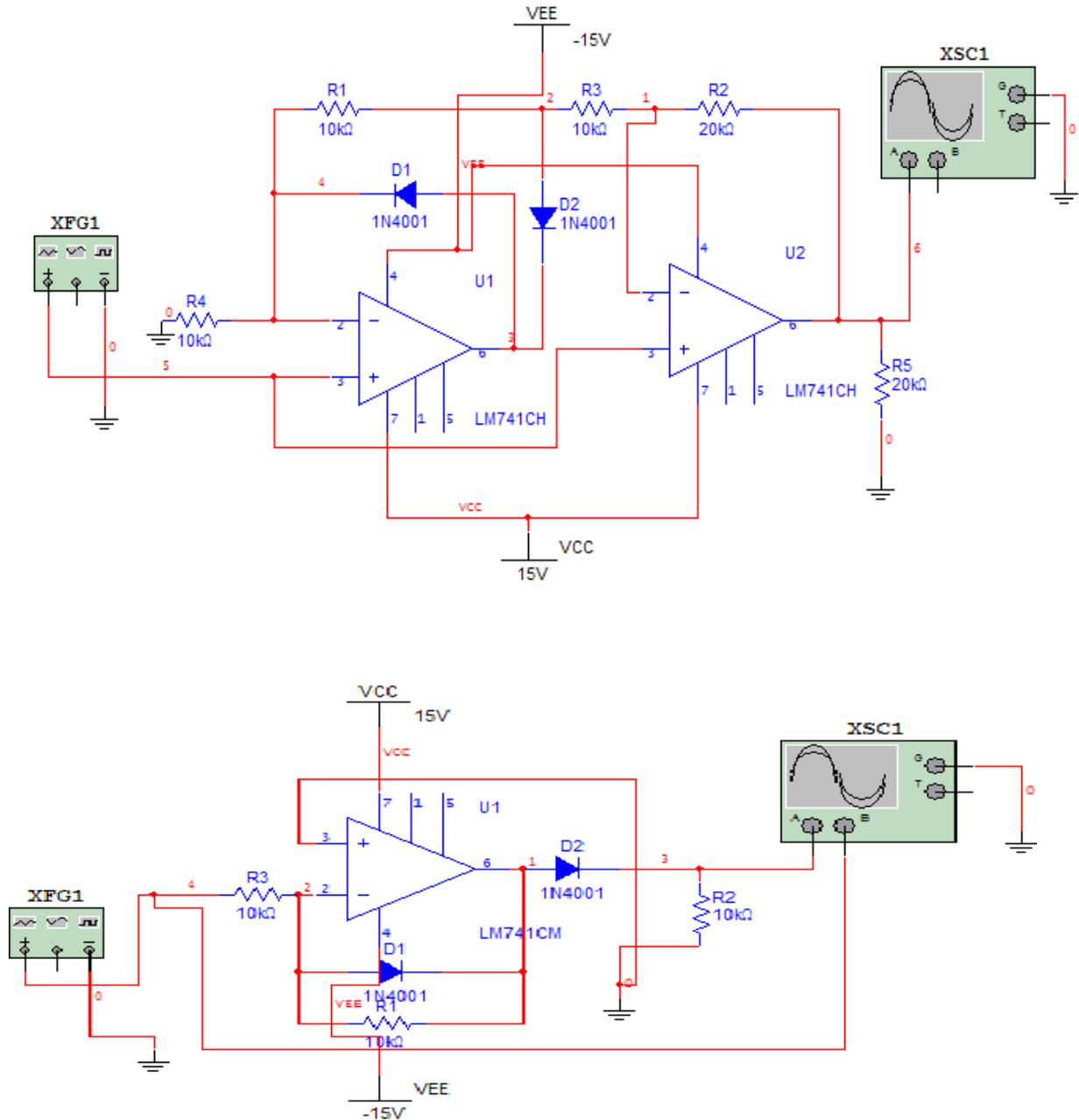


Figura 7.1. Circuitos rectificadores de precisión



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 16**

**PRÁCTICA No. 16. AMPLIFICADOR DE MUESTREO Y  
RETENCIÓN**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

**1. OBJETIVO**

N/A

**2. INTRODUCCIÓN**

N/A

**3. MARCO TEÓRICO**

N/A

**4. EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

**5. METODOLOGÍA**

**5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Arme el circuito de muestreo y retención que se muestra a continuación en la Fig. 8.1 y compruebe y explique su funcionamiento obteniendo las formas de onda de salida con y sin capacitor.



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES  
CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002  
PRÁCTICA No. 16

### 5.2 Diagramas o dibujo

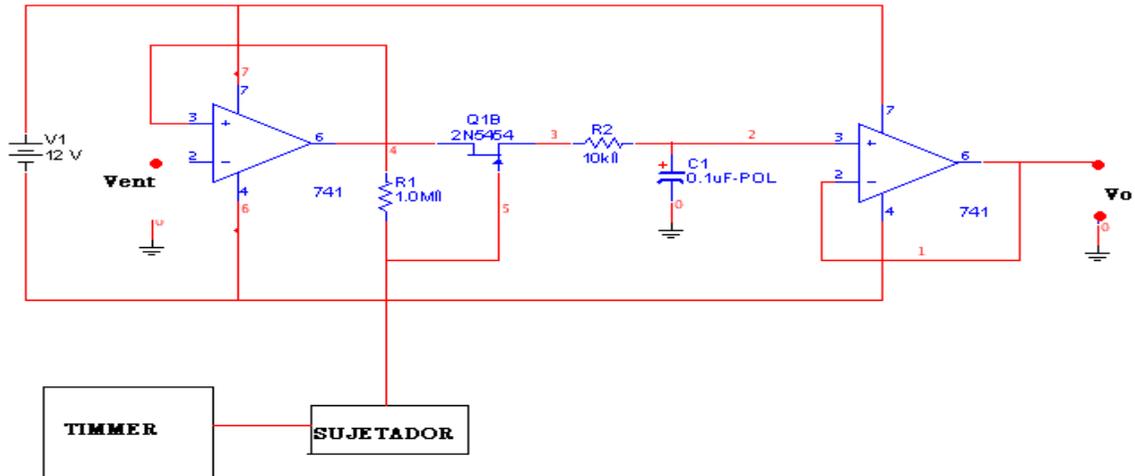


Figura 8.1 Circuito de muestreo y retención



**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 17**

**PRÁCTICA No. 17. CONVERTIDOR DIGITAL A  
ANALÓGICO DAC-08**

<b>No. DE ALUMNOS:</b>	<b>DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:</b>
------------------------	---------------------------------

**1. OBJETIVO**

N/A

**2. INTRODUCCIÓN**

N/A

**3. MARCO TEÓRICO**

N/A

**4. EQUIPO Y MATERIALES**

N/A

**5. METODOLOGÍA**

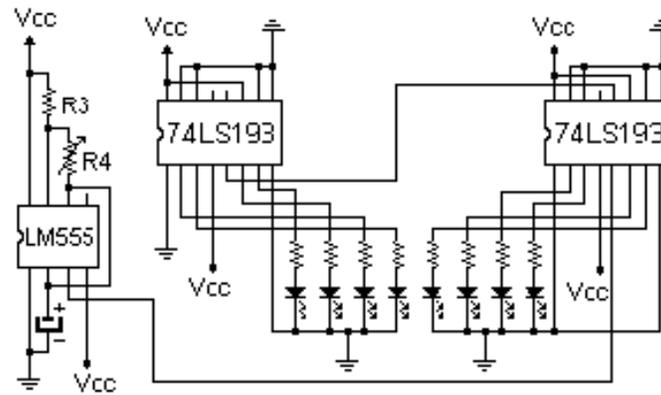
**5.1 Pasos a seguir para la realización de la práctica**

**5.1.1** Arme el circuito contador que se muestra a continuación en la Fig. 9.1 y conéctelo al circuito convertidor A/D del segundo circuito en la Fig. 9.2 y obtenga los valores de voltaje a la salida de diferentes valores digitales de entrada así como la forma de onda de salida escalera del convertidor.

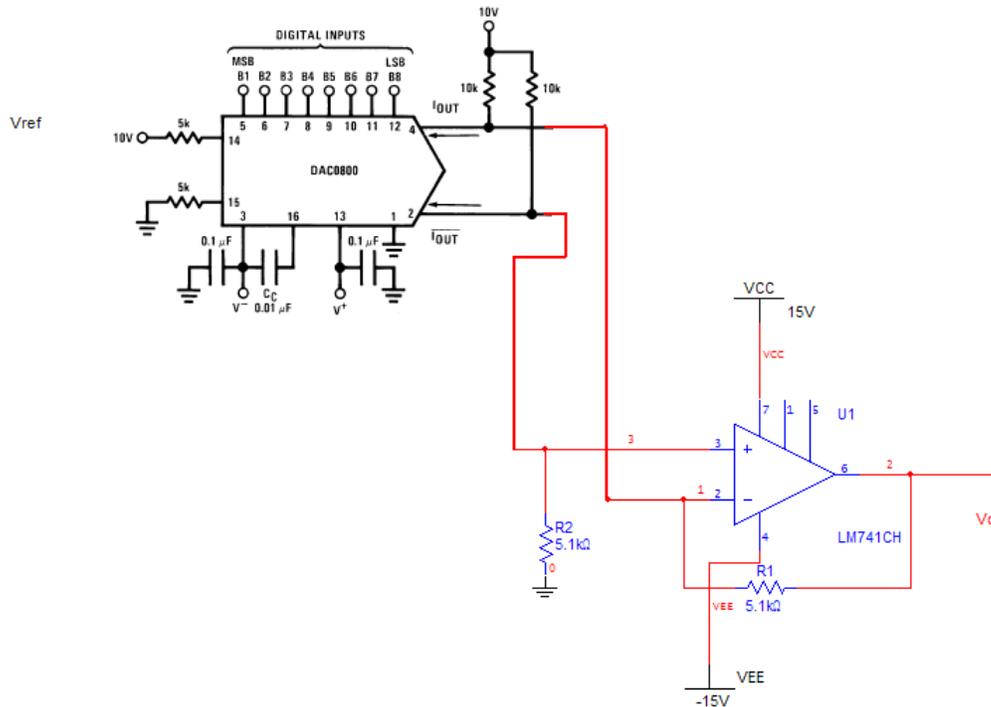


**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE QUERÉTARO**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA**  
**MATERIA: AMPLIFICADORES OPERACIONALES**  
**CLAVE DE LA MATERIA: ETF-1002**  
**PRÁCTICA No. 17**

**5.2 Diagramas o dibujo**



**Fig. 9.1.** Diagrama contador binario de 8 bits



**Fig. 9.2.** Circuito convertidor A/D