

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA FACULTAD DE INGENIERIA – ENSENADA

LABORATORIO DE ELECTRONICA III PRACTICA # 1

“Características del Op Amp Parte 1”

OBJETIVO: Medir y calcular el voltaje de offset, corriente de vías y la impedancia de entrada de un amplificador operacional de propósito general LM741.

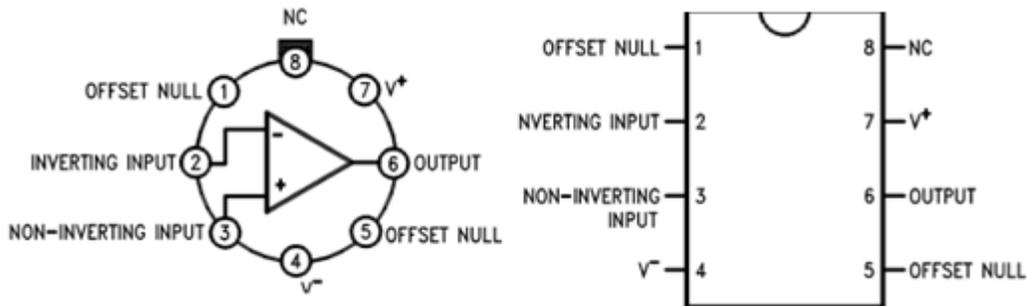


Figura 1.- Configuración del Amplificador Operacional LM 741.

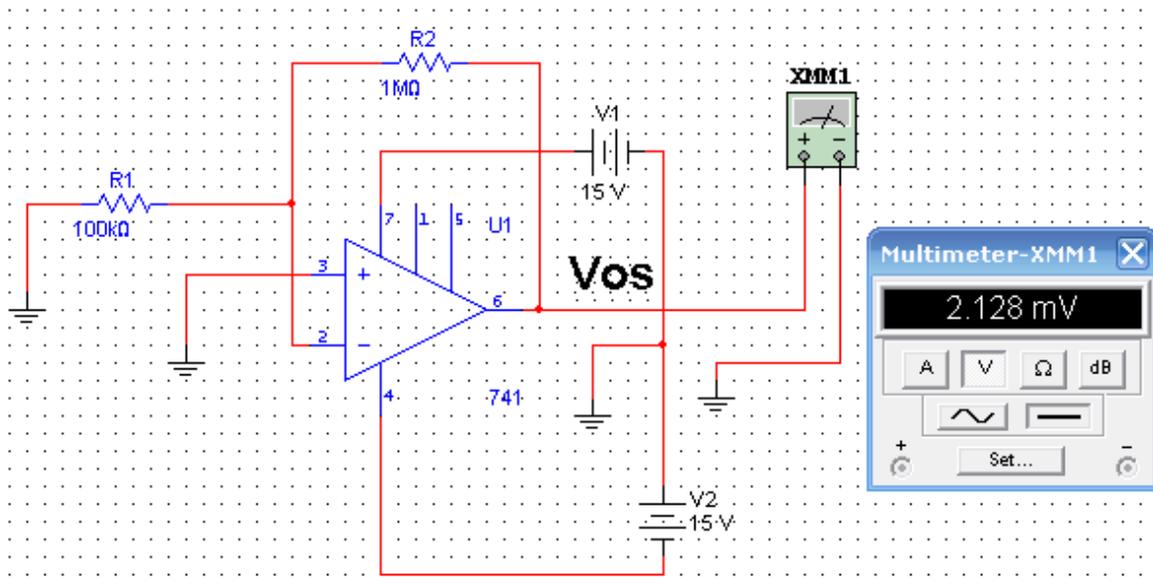


Figura 2.- Diagrama del circuito para medir el voltaje de offset a la salida.

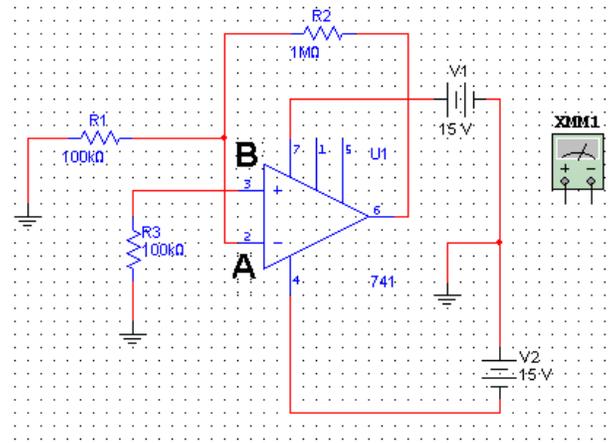


Figura 3.- Esquemático para medir las corrientes de vías del op-amp.

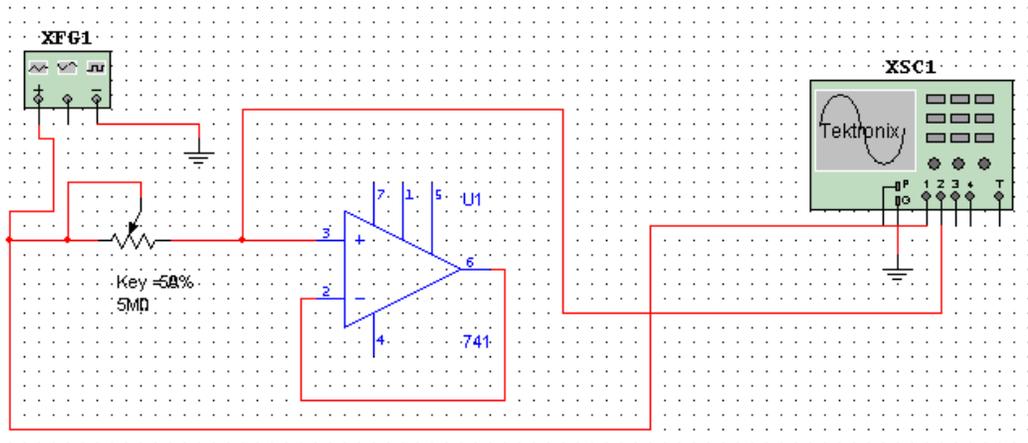


Figura 4.- Esquemático para medir la impedancia de entrada del Op –Amp.

Ecuaciones Básicas de Diseño

1. Ganancia de lazo cerrado: $A_{CL} = \frac{R_2}{R_1}$
2. Entrada Voltaje de Offset : $V_{oi} = \frac{V_{os}}{A_{CL}}$
3. Corriente de vías: $I_{B1} = \frac{V_A}{R_1}$
4. $I_{B2} = \frac{V_B}{R_3}$
5. $Z_i = R$, cuando $V_i' = \frac{1}{2} V_i$

DESARROLLO

1. Armar el diagrama mostrado en la figura 2.
2. Medir el voltaje de offset, puede utilizarse un multímetro digital o bien un Osciloscopio Analógico.

$$V_{os} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mV}$$

3. Utilice la fórmula 2 para calcular el voltaje de offset.

$$V_{oi} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mV}$$

4. Disminuya y mida el voltaje de offset lo más que sea posible, mediante la conexión de un potenciómetro de diez kilo ohms entre las terminales uno y cinco del Op – Amp.

5. Armar el diagrama mostrado en la figura 3.

6. Alimentar el circuito de la figura 3 y medir el voltaje A.

$$V_A = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mV}$$

7. Alimentar el circuito de la figura 3 y medir el voltaje B.

$$V_B = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mV}$$

8. Utilice las fórmulas 3 y 4 para calcular las corrientes de vías.

9. Armar el circuito de la figura 4 y mida indirectamente la impedancia de entrada (Z_i) del OP-AMP. $Z_i = \underline{\hspace{2cm}} \Omega$. Apóyese de la ec. 5 para obtenerla.

c) Medir el voltaje de salida V_o pico-pico, $V_{o,pp} = \text{_____}$ Volts, (es igual a ΔV).

d) Medir el Δt , es el tiempo que se tarda en cambiar de un valor mínimo a un máximo (tiempo de la pendiente de la señal de salida del op-amp visualizada en el osciloscopio). $\Delta t = \text{_____}$ μs

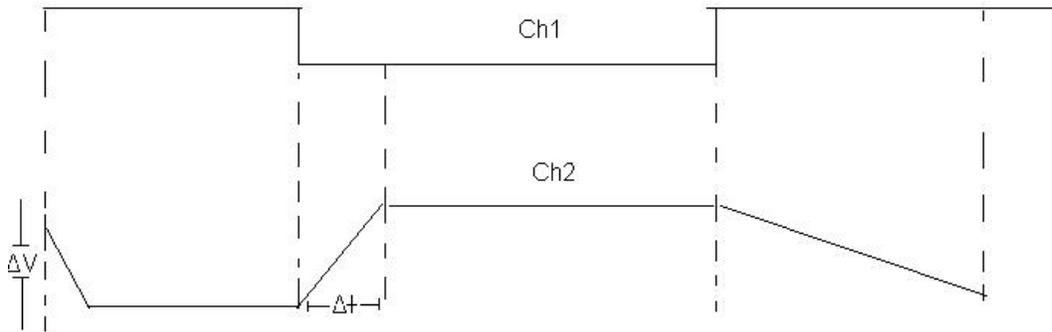


Figura 2. Ejemplo ilustrativo para la medición del parámetro Δt y ΔV .

e) Tomar una fotografía a las dos señales simultáneamente mostradas en el osciloscopio.

f) De las mediciones anteriores calcular el slew rate $SR = \Delta V / \Delta t = \text{_____}$ $\text{V}/\mu\text{s}$

g) Desconecta la alimentación del circuito, re-emplaza el op-amp 741 por un LM 338, LM 339 y TL082 y repita los pasos anteriores para medir el slew rate los demás amplificadores operacionales. **Nota:** Verifique que los integrados tengan el mismo pin out o bien re-cablee el circuito.

$$SR = \Delta V / \Delta t = \text{_____} \text{V}/\mu\text{s}$$

Qué observó en la forma de onda a la salida? Agregar sus comentarios y fotografía de las señales.

h) Realizar los mismos experimentos anteriores en un simulador de circuitos (LM741, LM338, LM 339 y TL 082).

i) Agregar los resultados de estas simulaciones al reporte, deberá incluir los circuitos, carátula de los instrumentos, etc.

j) Consultar en la hoja de características del fabricante (datasheet) de los integrados anteriores, las principales características eléctricas. Escríbalas a continuación.

Principales Características eléctricas LM 741

Principales Características eléctricas LM 338

Principales Características eléctricas LM 339

Principales Características eléctricas TL 082

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERIA – ENSENADA
LABORATORIO DE ELECTRONICA III
PRACTICA # 3

Nombre: "Circuitos básicos con Amplificadores Operacionales"

Objetivo: Diseñar y construir los siguientes circuitos utilizando un OP-AMP 741

- a) Amplificador no inversor con ganancia de 100.
- b) Amplificador inversor con ganancia de 1000.
- c) Un seguidor de voltaje.

Material a utilizar

1 Osciloscopio

1 Fuente de poder dual

1 Generador de funciones

1 Op-Amp LM 741

PROCEDIMIENTO

1. Diseñar el amplificador no inversor con ganancia de 100, polarizarlo adecuadamente y aplicarle una señal senoidal de 100mV pico, con frecuencia de 8KHz. Comparar la señal de salida con la entrada en el osciloscopio. Tome una imagen a ambas señales. Anote sus observaciones.
2. Ahora aplicar una señal con 3Vp y con la misma frecuencia. Nuevamente compare las señales de entrada y salida. Anote sus observaciones. Explique lo que está sucediendo.
3. Diseñar el amplificador inversor con ganancia de 1000, polarizarlo adecuadamente y aplicarle una señal senoidal de 5mV pico, con frecuencia de 8KHz. Comparar la señal de salida con la entrada en el osciloscopio. Tome una imagen a ambas señales. Anote sus observaciones.
4. Ahora aplicar una señal con 3Vp y con la misma frecuencia. Nuevamente compare las señales de entrada y salida. Anote sus observaciones. Explique lo que está sucediendo.
5. Diseñar el seguidor de voltaje. Aplicarle las mismas señales anteriores. Comparar la entrada con la salida. Tome una imagen a ambas señales. Anote sus observaciones.
6. Al seguidor de voltaje aplicarle a la entrada un 1 Vcd, compararlo con la salida. Anote sus observaciones
7. Ahora, al seguidor de voltaje aplique un voltaje de entrada de 16 Vcd, observe y explique lo que sucede.
8. Simular todos los circuitos anteriores.

**Investigar ¿cómo se puede polarizar un OP-AMP utilizando una sola fuente de poder (con tierra virtual)?
Esto con la idea de evitar el uso de la fuente de voltaje negativo.**

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERIA – ENSENADA
LABORATORIO DE ELECTRONICA III
PRACTICA # 4

Nombre: "Amplificador Sumador Inversor"

Objetivo: Analizar y Diseñar circuitos amplificadores que sumen las señales de entrada y la invierta.

Material a utilizar

- 1 Osciloscopio
- 1 Fuente de poder dual
- 1 Generador de funciones
- 1 Op-Amp LM 741

Teoría de operación

En la figura 1 se observa la configuración general de un amplificador sumador inversor.

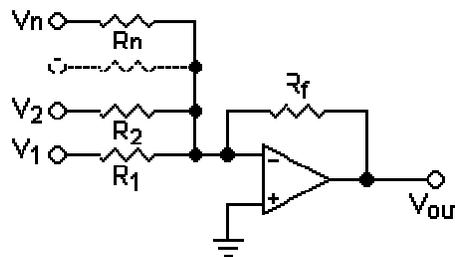


Figura 1) Circuito eléctrico de un amplificador sumador inversor.

El voltaje de salida de este circuito se puede obtener:

$$V_{out} = -R_f \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \dots + \frac{V_n}{R_n} \right)$$

Procedimiento

- 1) Armar el circuito de la figura 2, polarizarlo adecuadamente y aplicarle una señal de entrada senoidal:
 - a. 1 Vpp 3.5 KHz
 - b. 3 Vpp 20 KHz
- 2) Medir simultáneamente en el osciloscopio la señal de entrada y salida. Anote sus observaciones. Escriba sus cálculos.

LABORATORIO DE ELECTRÓNICA III

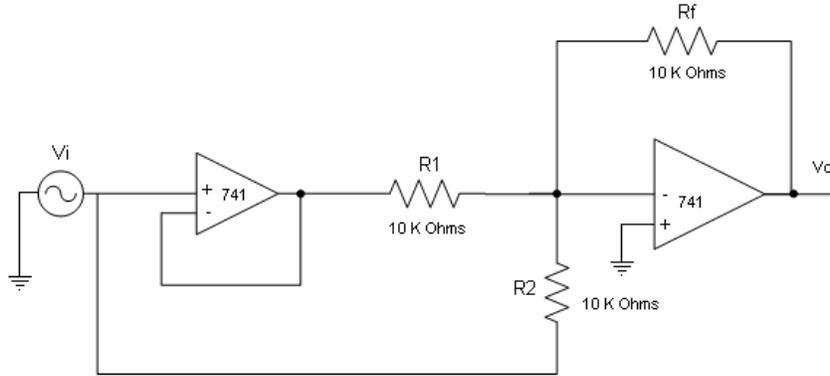


Figura 2) Amplificador sumador inversor con un seguidor de voltaje a la entrada.

- 3) Armar el circuito de la figura 3, polarizarlo y aplicar los voltajes de CD de entrada indicados en el esquema. Calcular y medir el voltaje de salida $V_{o_{med}} = \text{_____}$ Volts. $V_{o_{cal}} = \text{_____}$ Volts.

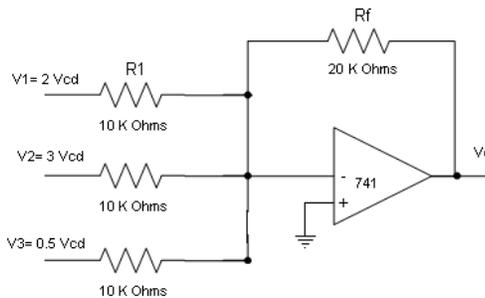


Figura 3. Sumador inversor.

- 4) Armar el circuito de la figura 4, polarizarlo, aplicar las siguientes señales senoidales a la entrada.
- a. $V1 = 2 \text{ Vpp @ } 500 \text{ Hz}$
 - b. $V2 = 1 \text{ Vpp @ } 1 \text{ KHz}$.
 - c. $V3 = 500 \text{ mVpp @ } 4 \text{ KHz}$.

Observe en el osciloscopio las señales de entrada (una entrada a la vez) y salida, Explique claramente lo que sucede con la señal de salida.

Calcule la señal de salida.

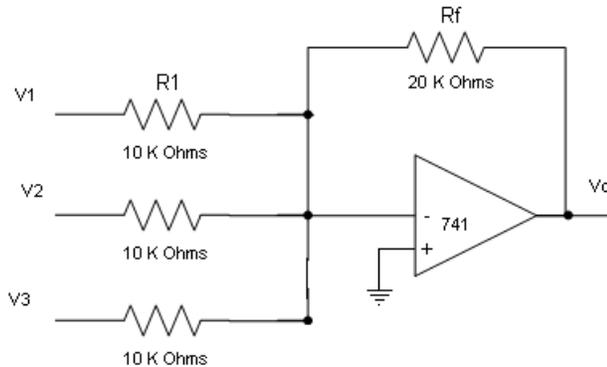


Figura 4. Sumador inversor con señales senoidales a la entrada.

- 5) Armar el circuito de la figura 5, calcule el valor adecuado de RE. Mencione que efecto tiene agregar esta RE al sumador inversor. Aplique los mismos votajes de CD, del paso 3. Compare los resultados obtenidos entre el paso 3 y 5.

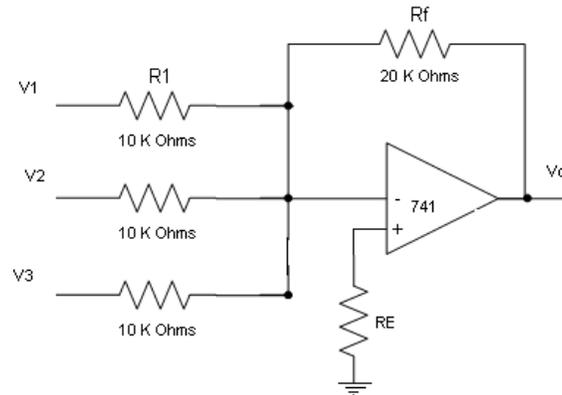


Figura 5. Sumador inversor con resistencia RE a la entrada.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERIA – ENSENADA
LABORATORIO DE ELECTRONICA III

PRACTICA # 5

Nombre: "Detectores de cruce por cero y de niveles de voltaje positivo y negativo"

Objetivo: Analizar y diseñar circuitos basados en op-amps que detecten cruces por cero, niveles de voltaje positivos y negativos de distintas señales.

Material a utilizar

- 1 Osciloscopio
- 1 Fuente de poder dual
- 1 Generador de funciones
- 1 Op-Amp LM 741
- 1 Micrófono
- Relay's, ó Triac's, u Optoacopladores
- 1 Foco 127 Vca @ 60 Watts.

Teoría de operación

Los circuitos detectores de cruce por cero y de niveles de voltaje, son circuitos comparadores de señales, que una vez realizada esta comparación de ambas señales emiten un resultado binario (nivel alto o bajo). El cual puede ser utilizado para realizar ciertas tareas de control básico para activar o desactivar algún dispositivo eléctrico de media o alta potencia.

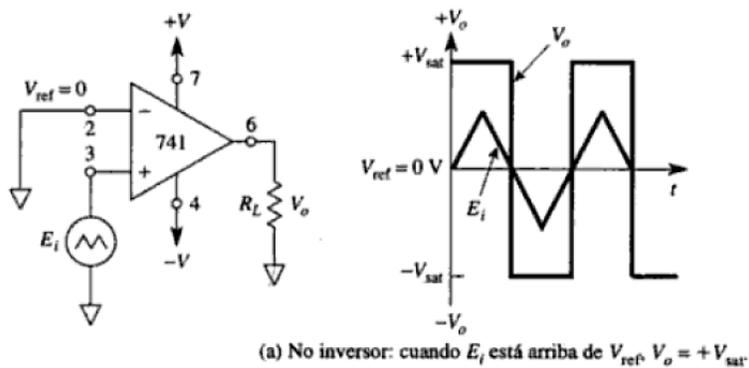


Figura 1. Detector de cruce por cero "no inversor".

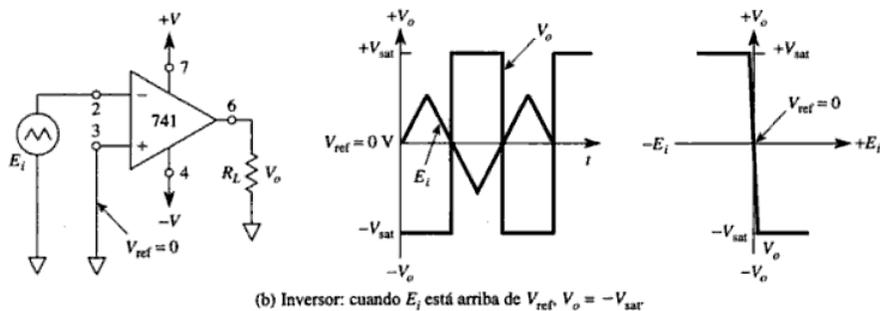


Figura 2. Detector de cruce por cero "inversor".

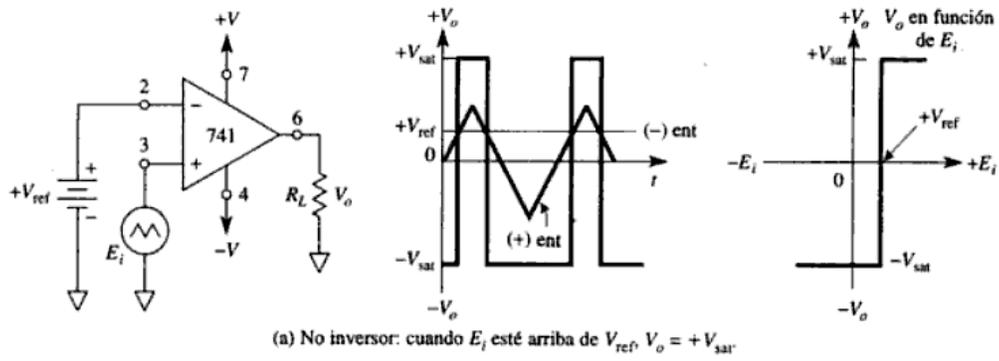


Figura 3. Detector de nivel de voltaje positivo "no inversor".

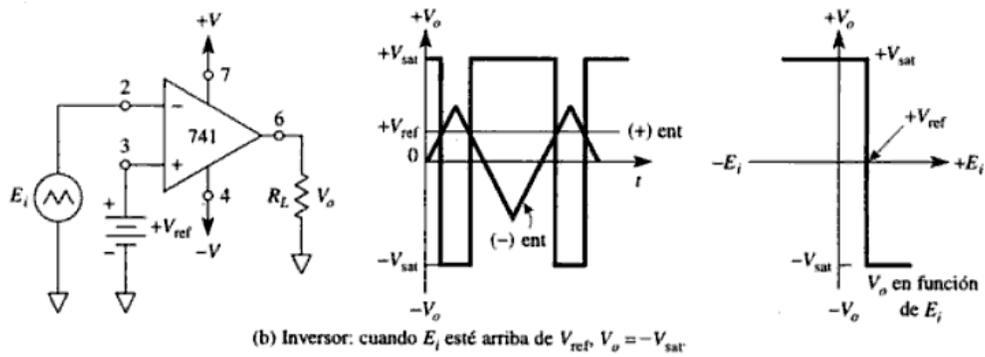


Figura 4. Detector de nivel de voltaje positivo "inversor".

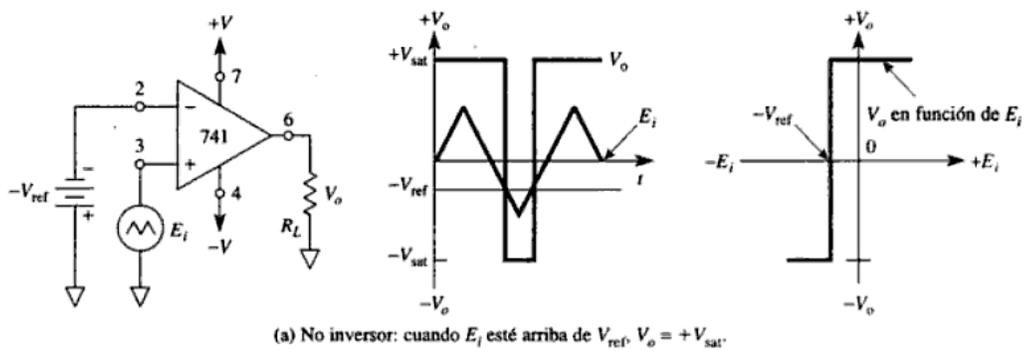


Figura 5. Detector de nivel de voltaje negativo "no inversor".

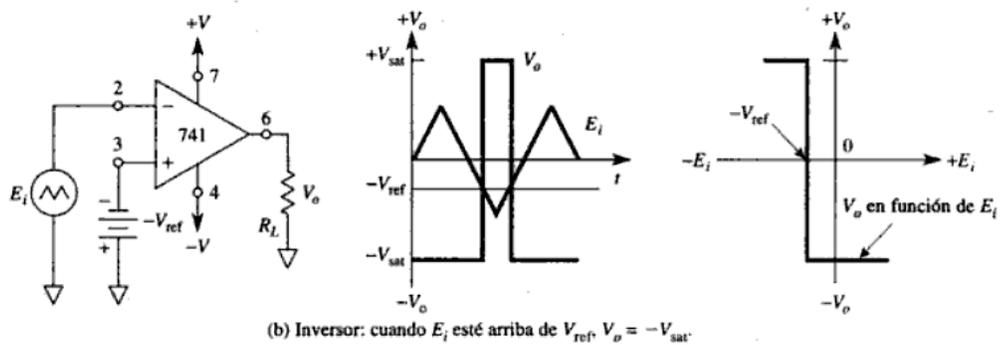


Figura 6. Detector de nivel de voltaje negativo "inversor".

PROCEDIMIENTO

- 1) Armar el circuito detector de cruce por cero “no inversor” mostrado en la figura 1, y aplicar las siguientes señales triangular y senoidal de entrada $E_i = 3V_p @ 1KHz$.
 - a. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el dominio del tiempo y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - b. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el modo X-Y (función de transferencia), y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - c. Escriba sus observaciones.
- 2) Armar el circuito detector de cruce por cero “inversor” mostrado en la figura 2, y aplicar las siguientes señales triangular y senoidal de entrada $E_i = 3V_p @ 1KHz$.
 - a. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el dominio del tiempo y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - b. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el modo X-Y (función de transferencia), y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - c. Escriba sus observaciones
- 3) Armar el circuito detector de nivel positivo “no inversor” mostrado en la figura 3, y aplicar la siguientes señales triangular y senoidal de entrada $E_i = 3V_p @ 1KHz$, utilizar un $V_{ref}=1$ y después $V_{ref}=2V$.
 - a. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el dominio del tiempo y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - b. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el modo X-Y (función de transferencia), y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - c. Escriba sus observaciones
- 4) Armar el circuito detector de nivel positivo “inversor” mostrado en la figura 4, y aplicar la siguientes señales triangular y senoidal de entrada $E_i = 3V_p @ 1KHz$, utilizar un $V_{ref}=1$ y después $V_{ref}=2V$.
 - a. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el dominio del tiempo y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - b. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el modo X-Y (función de transferencia), y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - c. Escriba sus observaciones
- 5) Armar el circuito detector de nivel negativo “no inversor” mostrado en la figura 5, y aplicar la siguientes señales triangular y senoidal de entrada $E_i = 3V_p @ 1KHz$, utilizar un $V_{ref}=-1V$ y después $V_{ref}=-2V$.
 - a. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el dominio del tiempo y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - b. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el modo X-Y (función de transferencia), y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - c. Escriba sus observaciones
- 6) Armar el circuito detector de nivel negativo “inversor” mostrado en la figura 6, y aplicar la siguientes señales triangular y senoidal de entrada $E_i = 3V_p @ 1KHz$, utilizar un $V_{ref}=-1V$ y después $V_{ref}=-2V$.
 - a. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el dominio del tiempo y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - b. Visualizar la forma de onda de ambas señales (entrada y salida) en el osciloscopio en el modo X-Y (función de transferencia), y tomar fotografía a la carátula del osciloscopio.
 - c. Escriba sus observaciones

7) Diseño de una aplicación de los detectores de niveles de voltaje

Diseñe un interruptor electrónico activado por sonido para controlar el encendido y apagado de una lámpara o foco de 127 Vca. El nivel de referencia deberá ser ajustable con pasos de precisiones pequeñas y lineales (utilizar potenciómetros de precisión para la referencia). La figura 7 muestra una parte del diseño a realizar [Coughlin, et. al., 1999]. Se puede utilizar una etapa de potencia distinta, pudiendo ser a base de relay's, triac's u opto-acopladores, etc. Observe que el esquema de la figura 7 solamente enciende la lámpara por medio del sonido y se apaga con un interruptor mecánico.

El diseño realizado por ustedes deberá permitir que la lámpara se encienda con el sonido y posteriormente se pueda apagar con el mismo sonido o similar.

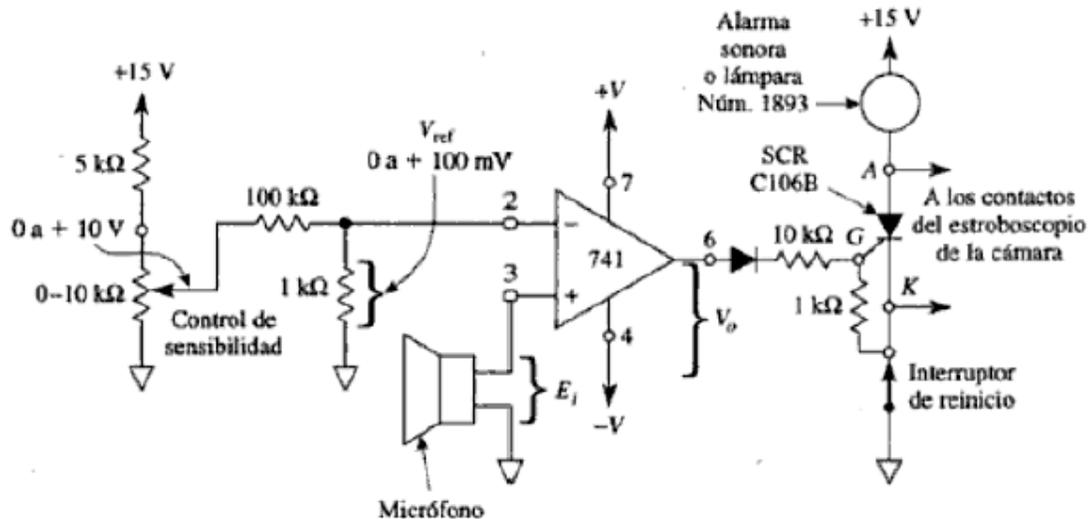


Figura 6. Esquema parcial del prototipo para Encender y Apagar por sonido una Lámpara eléctrica [Coughlin, et. al., 1999].

REFERENCIAS

Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll , (1999), Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, Pearson-Prentice Hall, 5ta edición.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA – ENSENADA
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA III
PRACTICA # 6

Nombre: "Voltímetro luminoso basado en op-amps."

Objetivo: Diseñar y construir un voltímetro luminoso basado en amplificadores operacionales, este deberá tener un rango de medición de voltajes de entrada de 0-20 Vcd.

Material a utilizar

- 1 Osciloscopio
- 1 Fuente de poder dual
- 1 Generador de funciones
- 20 Op-Amp LM 741 o 5 LM 324
- 20 Led's
- 1 Case (Carcaza) para el voltímetro

Teoría de operación del Voltímetro de columna luminosa [Coughlin, et. al., 1999].

El voltímetro de columna luminosa muestra una columna de luz cuya altura es proporcional al voltaje. Los fabricantes de equipo para audio, de aplicaciones médicas y de automóviles, pueden reemplazar los tableros de medidores analógicos por voltímetros gráficos luminosos debido a que es más fácil leer estos a distancia [Coughlin, et. al., 1999].

En base al circuito de la figura 1, se puede construir un voltímetro gráfico luminoso, R_{cal} se ajusta de modo que fluya 1 mA por medio del circuito serie divisor de voltajes, estas resistencias (R_1 a R_{10}) deben de ser iguales (1K Ω). En este ejemplo se definen diez voltajes de referencia separados a intervalos de 1V cada uno, empezando por 1V y terminando en 10V. **Para el caso de la práctica adecuar el circuito para que termine en 20V.**

Cuando $E_i = 0$ V o menor que 1 V, la salida de todos los amplificadores operacionales se encuentra en $-V_{sat}$, por lo tanto los diodos de silicio que se encuentran conectados a la salida de estos op-amps protegen a los LED's contra un voltaje excesivo de polarización inversa. Al aumentar E_i , hasta que alcance un valor entre 1 y 2 V, sólo la salida del amplificador 1 se vuelve positiva y enciende al LED1. Observe que la corriente de salida del amplificador queda automáticamente limitada a su valor de corto circuito, la cual es de unos 20 mA. Las resistencia de salida de 220 Ω disipan parte del calor del op-amp. Conforme va aumentando E_i , los LED's se iluminan por orden numérico. Para reducir la circuitería se pueden utilizar circuitos integrados con 4 o más amplificadores operacionales en su parte interna, como puede ser por ejemplo el LM 324. Algunos fabricantes ya diseñan paquetes de circuitos integrados para este tipo de aplicación [Coughlin, et. al., 1999].

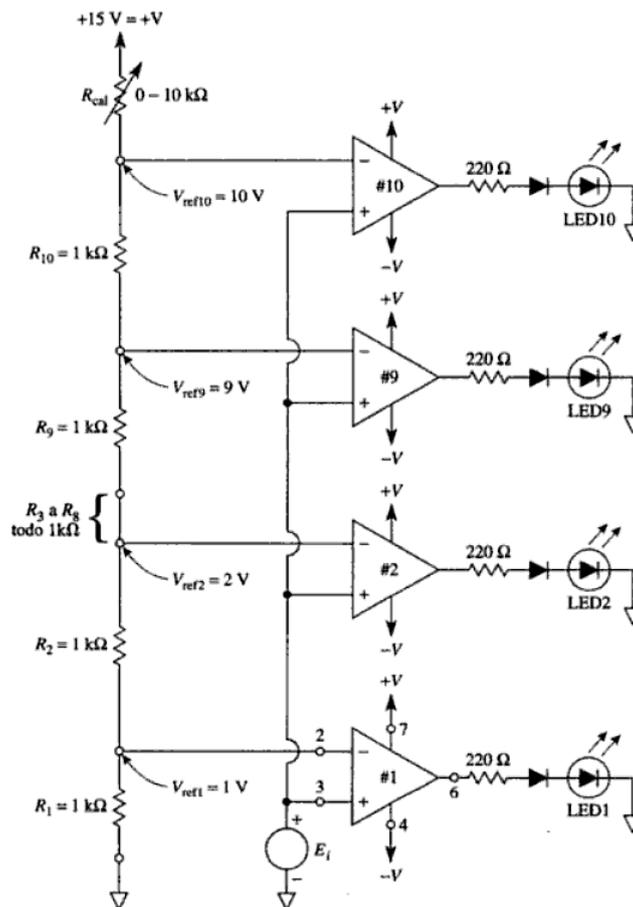


Figura 1. Esquema electrico para un voltímetro de columna luminosa de 0 a 10V. Los voltajes de referencia de cada op-amp se encuentran a 1 V de diferencia. Se recomienda utilizar R's con tolerancia de 1%, así como circuitos integrados con multiples op-amps [Coughlin, et. al., 1999].

PROCEDIMIENTO

- En base al circuito de la figura 1, **diseñe un voltímetro luminoso** con capacidad de medir voltajes de cd dentro del rango de 0 a 20V.
- Se recomienda utilizar led's en barra que contenga diez o más leds, así como comparadores de precisión.
- Adaptarle conectores para puntas de prueba que utilicen los voltímetros reales.
- Montar el circuito dentro de una carcasa (case) para que tenga una apariencia muy similar a un producto final.

Nota: Este tipo de aplicación se puede implementar para medir niveles de agua en estanques, nivel de gasolina en el tanque de un carro, niveles de audio (luces rítmicas), aparatos de medición industriales, algunos equipos médicos y en donde el ingeniero diseñador de sistemas electrónicos los considere conveniente o donde los usuarios lo requieran.

REFERENCIAS

Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll , (1999), Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales, Pearson-Prentice Hall, 5ta edición.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA – ENSENADA
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA III
PRACTICA # 7

Nombre: "Respuesta en frecuencia del amplificador operacional"

Objetivo: Diseñar y construir un amplificador inversor con ganancia de 0 dB, 15 dB y 45 dB, verificar experimentalmente su respuesta en frecuencia utilizando distintos op-amps comerciales.

Material a utilizar

- 1 Osciloscopio
- 1 Fuente de poder dual
- 1 Generador de funciones
- 1 Op-Amp LM 741, TL 082, TL 083

Introducción

El amplificador operacional es un dispositivo lineal de propósito general el cual tiene capacidad de manejo de señal desde $f=0$ Hz hasta una frecuencia definida por el fabricante; tiene además límites de señal que van desde el orden de los nV , hasta unas docenas de Voltios. Los amplificadores operacionales se caracterizan por su entrada diferencial y una ganancia muy alta, generalmente mayor que 10^5 equivalentes a $100dB$. El op-amp es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimenta con fuentes positivas y negativas, lo cual permite que tenga excursiones tanto por arriba como por debajo de tierra (o el punto de referencia que se considere) [Coughlin, 1999]. El nombre de Amplificador Operacional proviene de una de las utilidades básicas de este, como lo son realizar operaciones matemáticas en computadores analógicos (características operativas). El Amplificador Operacional ideal se caracteriza por:

1. Resistencia de entrada, (R_{en}), tiende a infinito.
2. Resistencia de salida, (R_o), tiende a cero.
3. Ganancia de tensión de lazo abierto, (A), tiende a infinito
4. Ancho de banda (BW) tiende a infinito.
5. $v_o = 0$ cuando $v_+ = v_-$.

PROCEDIMIENTO

Experimento #1

- a) Diseñe un amplificador inversor con ganancia de 0 dB, calcule su ancho de banda (BW) y calcule la frecuencia máxima (F_H) a la cual la salida del amplificador se empezará a distorsionar.

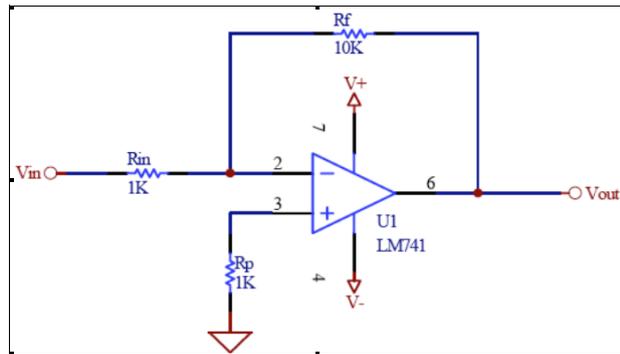


Figura 1. Configuración del amplificador inversor.

b) Obtenga teóricamente y experimentalmente el diagrama de Bode (respuesta en frecuencia) del amplificador inversor, esto mediante la aplicación de un barrido en frecuencia desde 1 Hz hasta 1 MHz. La señal deberá tener una amplitud de 1Vp.

1. Nota: Para obtener este diagrama de bode, se aplicarán las señales de 1 Hz, 10 Hz, 100 Hz, 1KHZ, 10 KHZ, 100 KHZ y 1 MHZ, siempre con la amplitud de 1Vp. Medir experimentalmente el Vi y Vo utilizando un osciloscopio y calcular la ganancia del amplificador en dB utilizando la siguiente ecuación.

$$G_{dB} = 10 \text{Log}_{10} \left(\frac{V_o}{V_i} \right)$$

- c) Genera la gráfica en Matlab de G_{dB} Vs Frec, para visualizar el diagrama de Bode.
 1. Realice una gráfica con el eje de frecuencia en escala lineal.
 2. Realice una gráfica con el eje de frecuencia en escala logarítmica.
- c) De acuerdo a estas gráficas compruebe el ancho de banda real del amplificador, verifique cuando la ganancia se atenúa 3 dB, compare los valores teóricos con los experimentales.

Experimento #2

- a) Diseñe un amplificador inversor con ganancia de 15 dB y repita los pasos del experimento #1.

Experimento #3

- b) Diseñe un amplificador inversor con ganancia de 45 dB y repita los pasos del experimento #1.

Experimento #4. Repita los experimentos 1 al 3 utilizando un op-amp diferente.

Nota: Compare todas las gráficas de Bode, escriba todas sus observaciones. Realice todas las simulaciones.

REFERENCIAS

Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll , 1999, *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*, Pearson-Prentice Hall, 5ta edición.

C. J. Savant, Jr., Martin S. Roden, Gordon L. Carpenter, 1992. *Diseño electrónico, circuitos y sistemas*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2da edición. ISBN 0-201-62925-9.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA – ENSENADA
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA III
PRACTICA # 8

Nombre: "Amplificadores diferenciales y de instrumentación "

Objetivo general: Diseñar y construir un amplificador diferencial y de instrumentación, así como probarlo experimentalmente utilizando un sensor analógico.

Objetivos específicos

- Diseñar el circuito de un amplificador diferencial básico y explicar porqué este circuito es superior al de una sólo entrada.
- Definir el voltaje en modo común y el voltaje de entrada diferencial.
- Diseñar el circuito de un amplificador de instrumentación y calcular el volateje de salida para diferentes entradas.
- Diseñar una etapa de acondicionamiento de señal mediante el uso de un amplificadores de instrumentación o diferencial y utilizando un sensor analógico.

Material a utilizar

1 Osciloscopio
1 Fuente de poder dual
1 Generador de funciones
1 Op-Amp de bajo ruido, de instrumentación
Resistencias
Capacitores

Introducción

El amplificador de más utilidad en la medición, instrumentación y control es el amplificador de instrumentación. Se construye por medio de varios amplificadores operacionales y resistencias de precisión; gracias a esto, le circuito resulta muy estable y útil en aplicaciones donde es muy importante la precisión. Actualmente existen varios circuitos integrados que se venden en un solo encapsulado. Desafortunadamente, estos resultan más caros que un solo amplificador operacional, pero si lo que necesita es un buen desempeño y precisión, el uso de un amplificador de instrumentación justifica su precio, ya que su desempeño no puede lograrse con un amplificador convencional.

Un circuito similar al amplificador de instrumentación y de bajo costo es el amplificador diferencial básico, haciendo unas pequeñas modificaciones al amplificador diferencial se puede construir el amplificador de instrumentación. En la figura 1 se ilustra el esquema eléctrico del amplificador diferencial básico.

La configuración del amplificador en modo común se encuentra en la figura 2.

Por otra parte, en la figura 3 se muestra el diagrama eléctrico del amplificador de instrumentación.

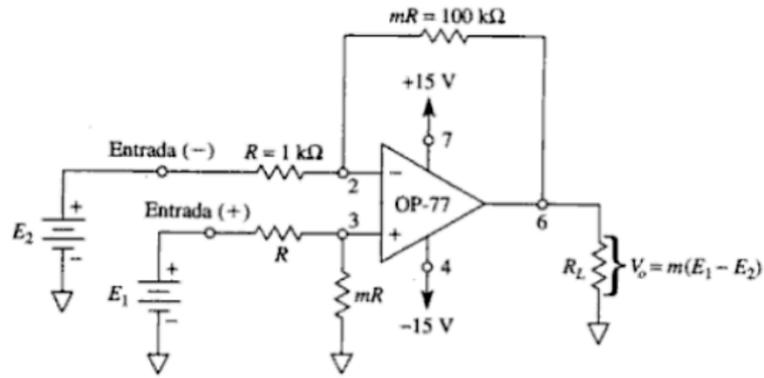


Figura 1. Circuito eléctrico de un amplificador diferencial básico.

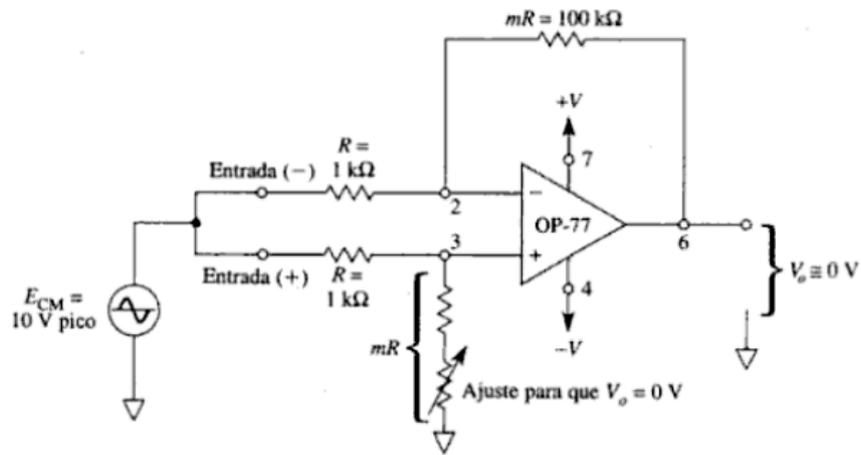


Figura 2. Circuito eléctrico de un amplificador diferencial en modo común.

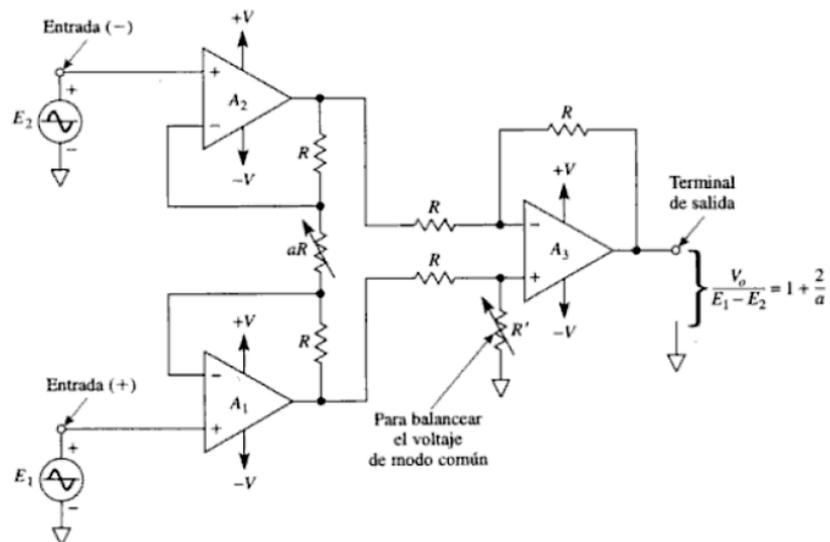
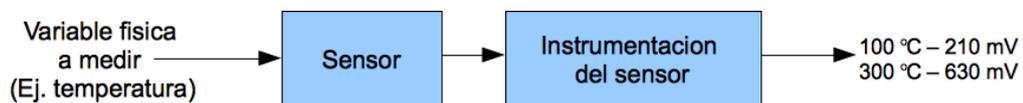


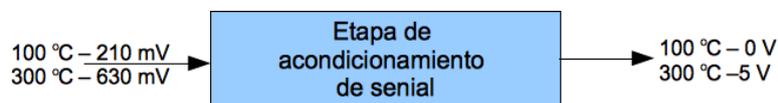
Figura 3. Circuito eléctrico de un amplificador de instrumentación.

PROCEDIMIENTO

- 1) Diseñar un amplificador diferencial básico con ganancia de 225.
- 2) Aplicar las siguientes señales de entrada, calcular y medir el voltaje de salida.
 - a. $E_1 = 1 \text{ Vcd}$ y $E_2 = 0.25 \text{ Vcd}$
 - b. $E_1 = 3 \text{ Vcd}$ y $E_2 = 4.75 \text{ Vcd}$
 - c. E_1 onda senoidal $2 \text{ Vp @ } 400 \text{ Hz}$, y $E_2 = 3 \text{ Vp @ } 2 \text{ KHz}$
- 3) Armar el amplificador en modo común, aplicar un señal de entrada de $10 \text{ Vp @ } 500 \text{ Hz}$ tipo senoidal. Realizar el ajuste para que la salida sea 0 Volts . Mencione la aplicación de este tipo de amplificadores, cuales son sus ventajas.
- 4) Seleccione un sensor (activo o pasivo) que entregue respuesta analógica, por ejemplo galga extensiométrica, RTD, termopar, acelerómetro, etc.
- 5) Desarrolle una etapa de instrumentación para el sensor seleccionado, por ejemplo:



6. Analice el rango que desea que opere el sensor. Dicho rango debe ser seleccionado apartir del proceso que desee medir, por ejemplo si desea medir la temperatura para uan máquina de soldadura de ola, la cual debe estar alrededor de 220°C , por ejemplo el rango a elegir será alrededor de esa temperatura de interés.
7. Aplique una etapa de acondicionamiento de señal para que el limite inferior sea 0 V y el límite superior sea 5 V , por ejemplo:



- a) Realizar los cálculos necesarios, tomar fotos del sistema funcionando.
- b) Explicar detalladamente el funcionamiento del circuito diseñado, mediante la división del mismo en bloques de procesamiento (descripción detallada de cada etapa del circuito resultante)

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll , 1999, *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*, Pearson-Prentice Hall, 5ta edición.

C. J. Savant, Jr., Martin S. Roden, Gordon L. Carpenter, 1992. *Diseño electrónico, circuitos y sistemas*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2da edición. ISBN 0-201-62925-9.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA – ENSENADA
LABORATORIO DE ELECTRÓNICA III
PRACTICA # 9

Nombre: "Diseño de osciladores basados en op-amps"

Objetivo general: Diseñar y construir circuitos generadores de señales oscilatorias basados en amplificadores operacionales.

Objetivos específicos

- Diseñar y construir un circuito generador de señal para cada una de las siguientes formas de onda:
 - a) *Onda triangular*
 - b) *Onda Diente de sierra*
 - c) *Onda cuadrada (multivibrador astable).*
- Cada circuito oscilador debe tener la capacidad de cambiar su rango de frecuencias es decir:

Generar Hz (1-999 Hz)
Generar kHz (1KHz -1MHz aprox)

Material a utilizar

1 Osciloscopio
2 Fuente de poder dual
1 Generador de funciones
5 Op-Amp's con capacidad de trabajar con señales del orden de 1MHz
Resistencias
Transistores
Capacitores

Introducción

Las fuentes de excitación senoidal son piezas fundamentales de muchos sistemas. Se utilizan de manera extensa en sistemas de comunicaciones, así como en casi toda aplicación electrónica lineal y son los circuitos osciladores los que cumplen con la función de generarlas. Asimismo en ciertos procesos de señal analógica se requiere el empleo de circuitos tales que excitados con dos entradas analógicas el mismo produzca una salida

proporcional a su producto, son los llamadas circuitos multiplicadores analógicos.

En la figura 6-1 se muestra el esquema eléctrico del multivibrador astable.

GENERADOR DE ONDA CUADRADA

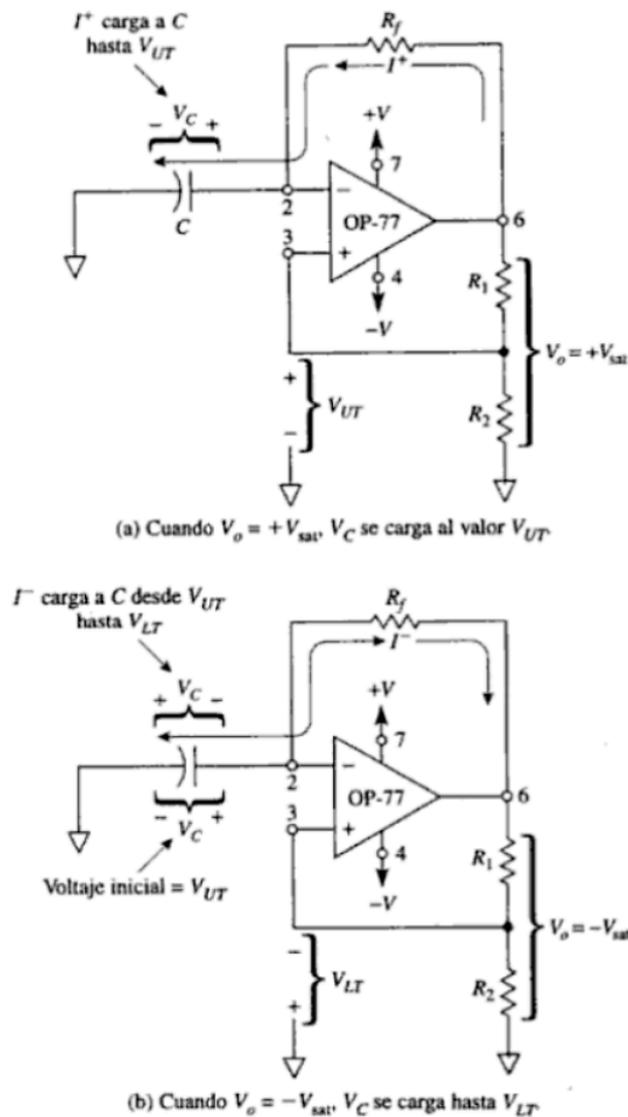


FIGURA 6-1 Multivibrador astable ($R_1 = 100 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 86 \text{ k}\Omega$). Las formas de onda del voltaje de salida se muestran en la figura 6-2.

A continuación se presentan las ecuaciones de diseño para el multivibrador astable [Coughlin, 1999].

$$V_{UT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V_{sat})$$

$$V_{LT} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (-V_{sat})$$

$$T = 2R_f C, \quad \text{cuando } R_2 = 0.86R_1 \quad f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2R_f C}$$

En la figura 6-2) se muestran las formas de onda generadas por el multivibrador astable.

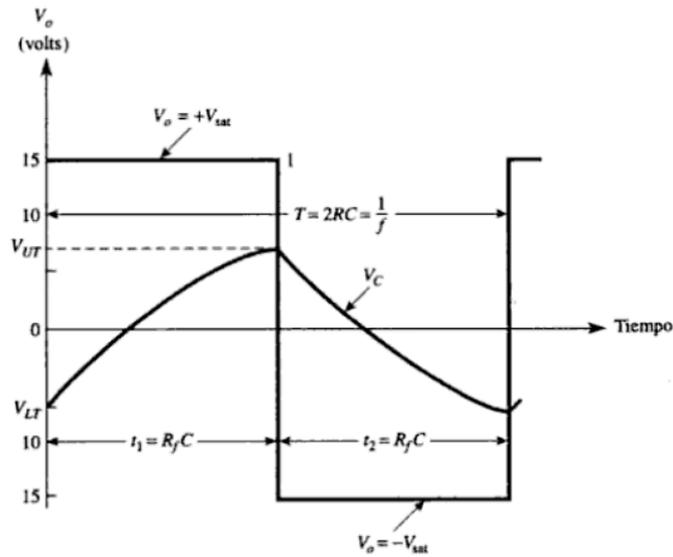
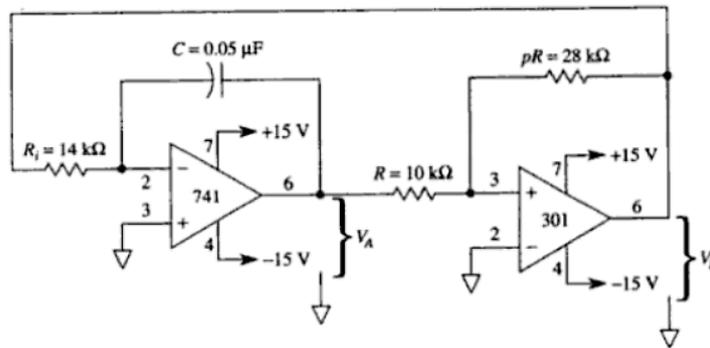


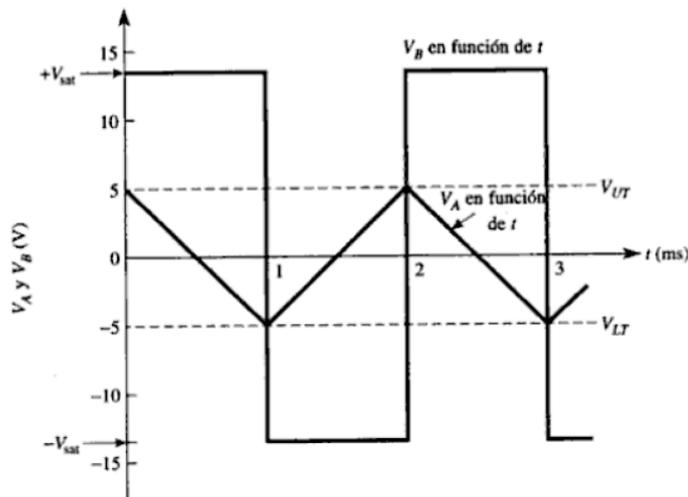
Figura 6-2. Formas de onda generadas por el multivibrador astable.

GENERADOR DE ONDA TRIANGULAR

En la figura 6-6 se muestra el circuito eléctrico y la forma de onda de un generador de onda triangular bipolar.



(a) El circuito integrador 741 y el circuito comparador 301 se conectan para construir un generador de onda triangular.



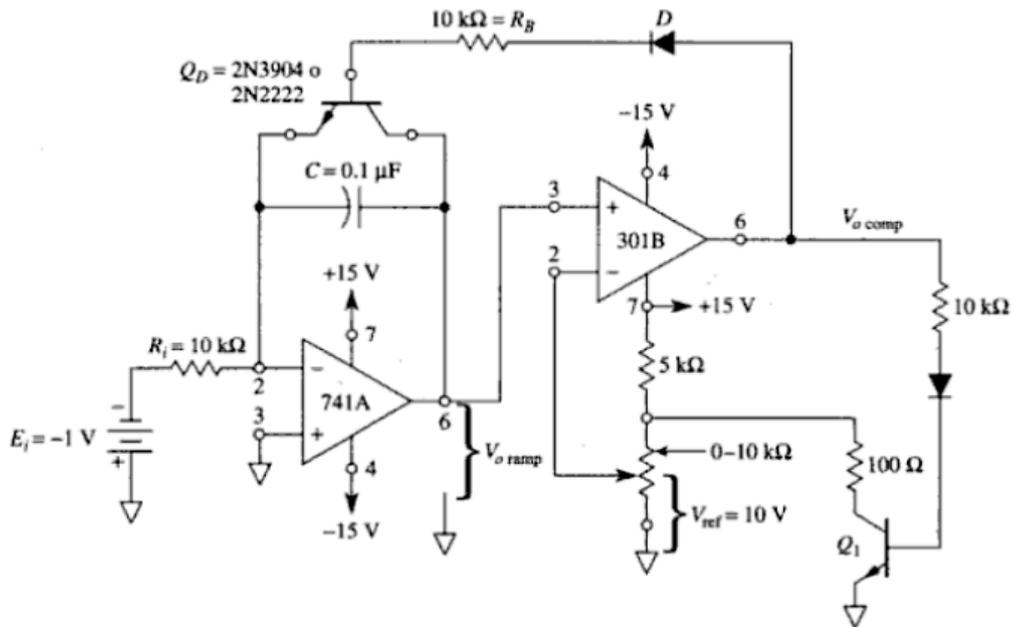
(b) Formas de onda.

FIGURA 6-6 El circuito generador de onda triangular bipolar en (a) produce las señales de un oscilador de ondas cuadrada y triangular que se muestran en (b). (a) La frecuencia básica del oscilador generador de la onda triangular a 1,000 Hz; (b) formas de onda del voltaje de salida.

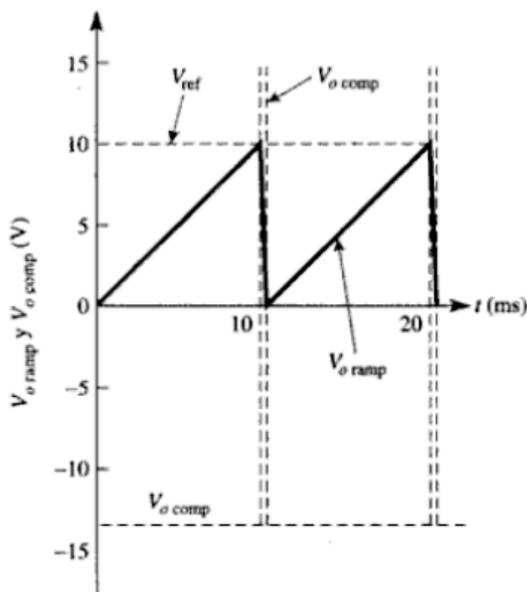
Ecuaciones de diseño para calcular la frecuencia de operación del generador de onda triangular:

$$V_{UT} = -\frac{-V_{sat}}{p} \quad V_{LT} = -\frac{+V_{sat}}{p} \quad p = \frac{pR}{R} \quad f = \frac{p}{4R_1C}$$

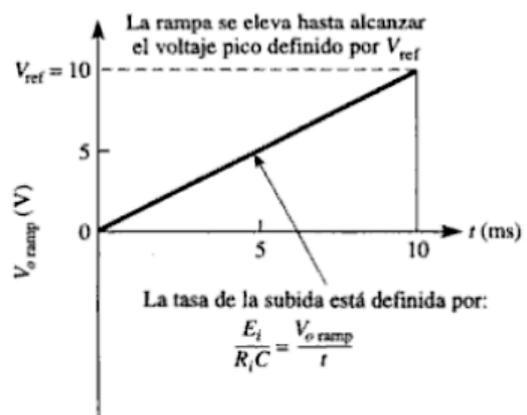
GENERADOR DE ONDA DIENTE DE SIERRA



(a) Circuito generador de onda diente de sierra.



(b) Salida de onda diente de sierra $V_{o \text{ ramp}}$ y salida del comparador $V_{o \text{ comp}}$.



(c) Detalles para el diseño o análisis de la onda diente de sierra.

FIGURA 6-8 El circuito generador de onda diente de sierra de (a) tiene las formas de onda mostradas en (b) y (c). La frecuencia de oscilación es de 100 Hz, o $f = (1/R_1C)(E_i/V_{ref})$.

Ecuaciones de diseño para calcular la frecuencia de operación del generador de onda diente de sierra:

$$\text{Tiempo (de subida)} = \frac{\text{Distancia (de subida)}}{\text{Velocidad (de subida)}}$$

$$\text{Periodo } T = \frac{V_{ref}}{E_i/R_i C}$$

$$f = \left(\frac{1}{R_i C} \right) \frac{E_i}{V_{ref}}$$

PROCEDIMIENTO

- 1) Diseñar y construir un generador de onda **cuadrada** con capacidad de generar señales desde 1Hz hasta 1 MHz aproximadamente.
- 2) Diseñar y construir un generador de onda **triangular bipolar** con capacidad de generar señales desde 1Hz hasta 1 MHz aproximadamente.
- 3) Diseñar y construir un generador de onda **diente de sierra** con capacidad de generar señales desde 1Hz hasta 1 MHz aproximadamente.

Nota: Considere el uso de switches selectores para cambiar entre rangos de frecuencia (Hz → KhZ)

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll , 1999, *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*, Pearson-Prentice Hall, 5ta edición.

C. J. Savant, Jr., Martin S. Roden, Gordon L. Carpenter, 1992. *Diseño electrónico, circuitos y sistemas*. Addison-Wesley Iberoamericana, 2da edición. ISBN 0-201-62925-9.



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formato para prácticas de laboratorio

CARRERA	PLAN DE ESTUDIO	CLAVE ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA
Electrónica	2003-1		Electrónica III

PRÁCTICA No.	LABORATORIO DE	Electrónica	DURACIÓN (HORAS)
10	NOMBRE DE LA PRACTICA	Implementación de ecuaciones por circuitería analógica	4

Formuló	Revisó	Aprobó	Autorizó
M.C. Víctor M. Blanco Rdz.		Diego Tlapa	Dr. Oscar López Bonilla
Maestro	Coordinador de la Carrera	Gestión de la Calidad	Director de la Facultad

1.- INTRODUCCIÓN:

Por medio de amplificadores operacionales es posible resolver ecuaciones integro diferenciales, por tanto también es posible resolver ecuaciones lineales como no lineales.

El objetivo de este trabajo es aplicar teoría de amplificadores operacionales y teoría de control analógico para resolver el problema de servoposicionamiento de un motor de CD.

2.- OBJETIVO (COMPETENCIA):

Diseño y construcción de un algoritmo de control analógico (proporcional) y etapa de potencia para obtener servoposicionamiento de un motor de CD.

3.- TEORÍA:

En la figura 1 se muestra el esquema de un sistema de control retroalimentado, donde la planta o proceso es aquel sistema a controlar.

El proceso de control de posición consiste en la medida que la desviación o diferencia existente entre la variable de salida de la planta y la entrada de referencia, tienda a cero

Código:	GC - F- 025
Revisión:	1



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formato para prácticas de laboratorio

(ver figura 1), el algoritmo o inteligencia que hace posible este objetivo es llamado controlador.

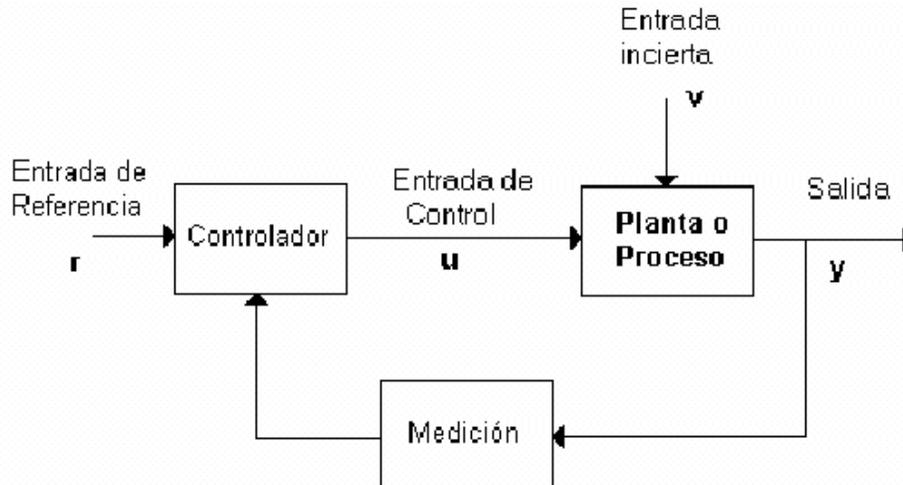


Figura 1: Esquema de control retroalimentado

Punto de equilibrio (q_d): El punto al cual tiende la dinámica del sistema (salida) y llega a éste en tiempo finito.

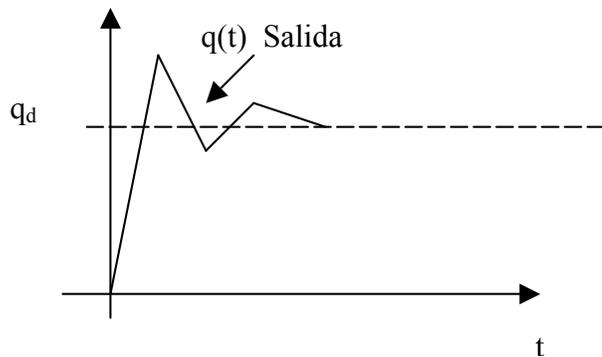


Figura 2: Respuesta de la planta $q(t)$, y entrada de referencia (q_d).

Para lograr la dinámica propuesta en el planteamiento anterior es necesario aplicar la siguiente ley o algoritmo de control:

$$u(t) = k_p (q_d - q(t)), \quad (1)$$

donde k_p es una ganancia para el control de la rapidez o lentitud con la que el error entre la salida de la planta con la entrada de referencia tienda a cero.

Por tanto el procedimiento de diseño se reduce a instrumentar el sensor necesario para medir la posición angular de la planta (Motor de CD). Resolver la (1) por medio de

Código:	GC - F- 025
Revisión:	1



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formato para prácticas de laboratorio

amplificadores operacionales y finalmente la ley de control aplicarla por medio de una etapa de potencia a la planta o proceso a controlar.

A).- EQUIPO:

a).- Osciloscopio
b).- Multímetro
c).- Fuente de voltaje
d).- Motor de CD, o servomotor de preferencia

B).- MATERIAL:

a).- Opamp de bajo ruido y de instrumentación.
b).- Resistencias, capacitores.
c).- Potenciómetro como sensor de posición.
d).- Potenciómetro para señal deseada

C).- PROCEDIMIENTO:

- Desarrollar una etapa de instrumentación para un sensor el cual proporcione la posición angular en la que se encuentra la planta (motor de CD).
- Esa información es aplicada al algoritmo de control (Ec. 1), así como la entrada de referencia (ver figura 1). **Es aquí donde se desarrolla el algoritmo de control por medio de circuitería basada en op-amps.**
- La respuesta del algoritmo de control es de alta impedancia de salida por tanto no puede ser colocada la carga (motor) directamente, de aquí nace la necesidad de la aplicación de una etapa de potencia (ver anexo).
- Graduar la posición angular del motor y realizar la misma función con el potenciómetro que define la entrada de referencia, de esa manera se puede ver si se cumplió o no el objetivo de control de posición.

Código:	GC - F- 025
Revisión:	1



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD

Formato para prácticas de laboratorio

D).- CÁLCULOS Y REPORTE:

Realizar los cálculos necesarios, tomar fotos del sistema funcionando.

- 1.- Tomar fotos de formas de onda medidas, circuito funcionando, etc.
- 2.- Explicar el circuito diseñado mediante la división del mismo en bloques de procesamiento (función detallada de cada etapa del circuito resultante).

5.- RESULTADOS:

Analizar los resultados obtenidos para obtener sus propias conclusiones.

6.- CONCLUSIONES:

De acuerdo con lo observado en la realización de la práctica y a la información adicional consultada en libros, escriba sus conclusiones de la práctica.

7.- BIBLIOGRAFÍA:

[1] http://perso.wanadoo.es/luis_ju/ebasica2/mcc_01.html

8.- ANEXOS:

Ejemplos de etapas de potencia:

a).- Amplificador clase A (Solo una dirección de giro, **cuidado**):

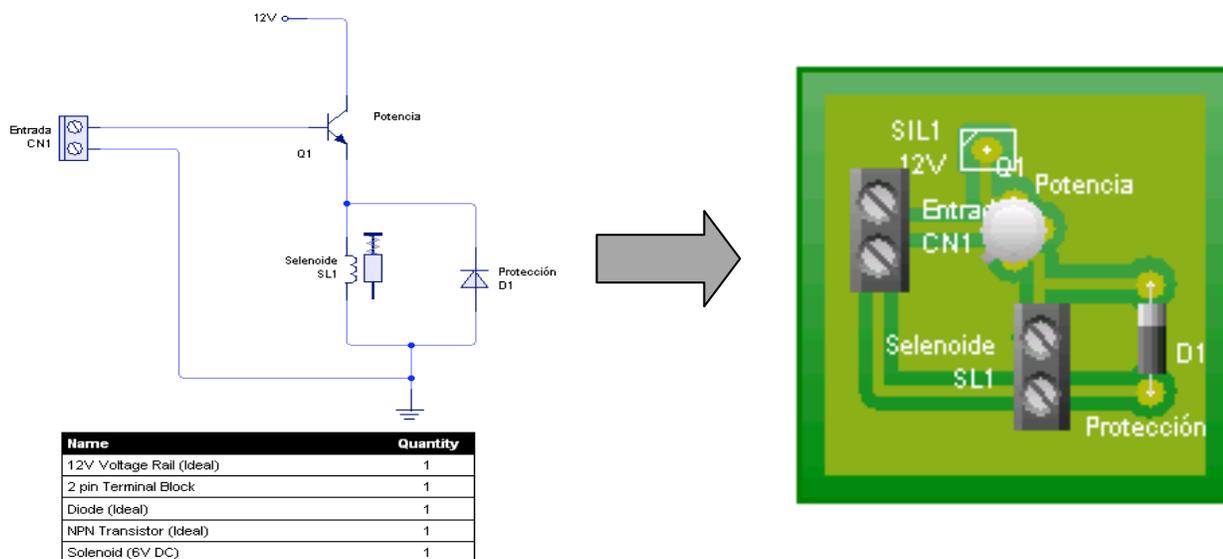


Figura 3: Etapa de potencia mediante el uso de transistor de potencia.

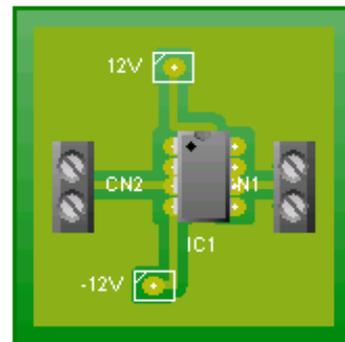
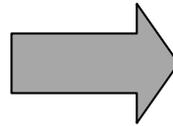
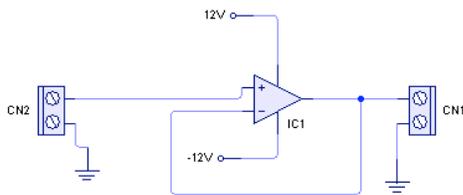
Código:	GC - F- 025
Revisión:	1



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA
DOCUMENTO DEL SISTEMA DE CALIDAD**

Formato para prácticas de laboratorio

b).- **Amplificador operacional de potencia**, configuración de seguidor de voltaje.



Name	Quantity
12V Voltage Rail (Ideal)	1
-12V Voltage Rail (Ideal)	1
2 pin Terminal Block	2
Operational Amplifier (Ideal)	1

Figura 4: Etapa de potencia mediante el uso de **amplificador operacional de potencia**.

Código:	GC - F- 025
Revisión:	1