



Practica #4: El amplificador operacional y circuitos básicos.

Ing. Juan Pedro Duarte Martínez.

Ing. Erika Sunshine Jaramillo Quezada

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UMSNH)

Morelia, Michoacán México a 6 de Mayo de 2014

<http://lelgr.fie.umich.mx/>

jduarte@fie.umich.mx

ejaramillo@fie.umich.mx

Abstract.- En el presente trabajo, se verán las configuraciones básicas de un amplificador operacional, inversor, no inversor, ...etc comparando la parte simulada (ideal), con la parte práctica (real) para comprobar el resultado de la práctica.

I. INTRODUCCIÓN

Objetivo.

Que el alumno compruebe el funcionamiento del Amplificador Operacional en sus configuraciones básicas, Amplificador Inversor, Amplificador NO-Inversor, Amplificador de ganancia unitaria, sumador inversor, sumador no-inversor y restador.

El Amplificador Operacional (Amp-Op), es un circuito pequeño, versátil, económico en consumo de potencia y costo. Su uso y compensación son además bastante simples.

Sus múltiples aplicaciones pueden clasificarse básicamente en tres grupos:

1. Lineales: amplificadores, filtros, etc.
2. Aritméticas: comparadores, sumadores, integradores, etc.
3. No- Lineales: rectificadores, limitadores, generadores de onda, etc.

El Amp-Op que se utilizará en esta práctica es el 741 debido a su popularidad que lo hace el más representativo de los Amp-Op de propósito general.

Descripción del circuito y características básicas de operación.

El amplificador operacional 741 tiene en lazo abierto (A_{OL}) tiene una ganancia típica de 200,000 para bajas frecuencias. Mientras que la ganancia en lazo cerrado (A_{CL}) se controla mediante los elementos externos conectados a sus pines.

Los Amp-Op presentan además características de impedancia de entrada muy alta, típicamente de $2M\Omega$ mientras que la impedancia de salida es muy baja típicamente de 75Ω . Dichas resistencias se muestran en el modelo de la Figura 1.

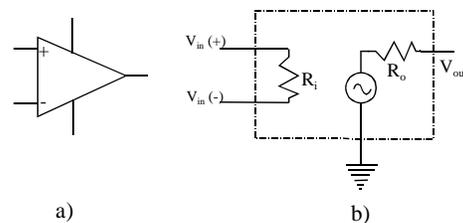
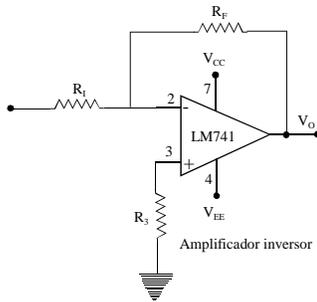


Figura 1. a) Símbolo. b) modelo para un amplificador operacional

Configuraciones básicas.



A continuación se muestra un resumen de algunas conexiones básicas del circuito, para esto se está considerando un circuito ideal, esto es; la corriente que fluye hacia el circuito es nula además entre la terminal inversora y no inversora la diferencia de voltaje es cero. Se mencionan además algunas características de dichos circuitos.



Amplificador Inversor

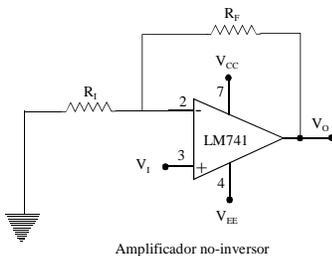
$$V_o = -\frac{RF}{RI} V_i$$

El voltaje de salida está dado por

El signo de la expresión significa que la señal en la salida está invertida con respecto a la señal de entrada. La ganancia de esta expresión, es la ganancia en lazo cerrado (A_{CL}) y está determinada básicamente por los elementos externos conectados al circuito, para este caso se determina por RF y RI .

RI es la resistencia de entrada del circuito inversor, además la resistencia total conectada a la entrada inversora debe ser de igual valor que la resistencia total conectada a la entrada no inversora, esto es; $R3 = RF // RI$ esto con tal de compensar algunos valores reales del Amp-Op.

Amplificador No-Inversor



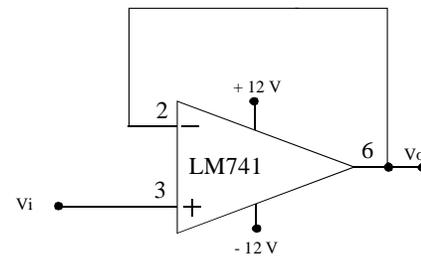
El Voltaje de salida de un amplificador No-Inversor se puede obtener mediante la expresión siguiente.

$$V_o = \left(1 + \frac{RF}{RI}\right) V_i$$

Este circuito no invierte la señal a la salida como el anterior. La impedancia de entrada de este circuito es muy alta.

Amplificador de Ganancia Unitaria (Seguidor de Voltaje)

Este circuito es básicamente un seguidor de señal de ganancia unitaria. La señal que entra es la misma que debe salir, no obstante tiene la propiedad de aislar eléctricamente las etapas, esto es; a la entrada presenta una impedancia muy alta, mientras que a la salida presenta una impedancia muy baja.



Amplificador seguidor

Los circuitos considerados hasta este momento se han tratado de una manera ideal, en general funcionan adecuadamente para muchas aplicaciones. Para aplicaciones más específicas hay que considerar los comportamientos reales de los circuitos. En esta práctica se mencionarán solo algunos y se verán con mayor detalle en prácticas posteriores; según lo amerite la aplicación.

- 1.- **Temperatura:** La ganancia en lazo abierto disminuye conforme aumenta la temperatura. Normalmente su valor está dado para una temperatura de 25 °C.
- 2.- **Frecuencia:** La ganancia disminuye al aumentar la frecuencia de entrada. El valor de A_{OL} solo es constante para un valor muy pequeño de frecuencia (normalmente de 5 a 10 KHz).

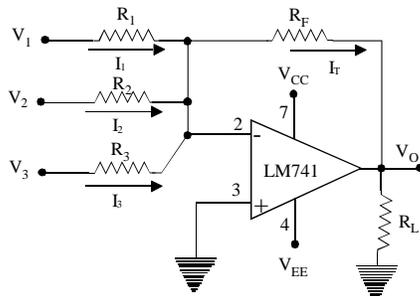


3.- **Tensión de alimentación:** La ganancia disminuye al disminuir esta. En el caso concreto del 741 el valor de A_{OL} proporcionado por el fabricante corresponde a una tensión de ± 15 volts.

El voltaje de salida para este circuito es un poco más complejo de generalizarse, no obstante se puede obtener mediante el mismo proceso anterior.

$$V_O = \left(1 + \frac{RF}{R1}\right)V_1 + \left(1 + \frac{RF}{R2}\right)V_2 + \left(1 + \frac{RF}{R3}\right)V_3 + \dots$$

Sumador Inversor



Sumador inversor

Este circuito sumador es básicamente un mezclador de audio. El voltaje en la salida está determinado por

$$V_O = -\left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} + \dots\right)RF$$

Esta expresión se puede obtener considerando en forma ideal que el voltaje entre las terminales inversora y no-inversora es cero, así se pueden obtener las corrientes de entrada (I_1 , I_2 e I_3) basados en la ley de ohm

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1}, \dots, I_n = \frac{V_n}{R_n}$$

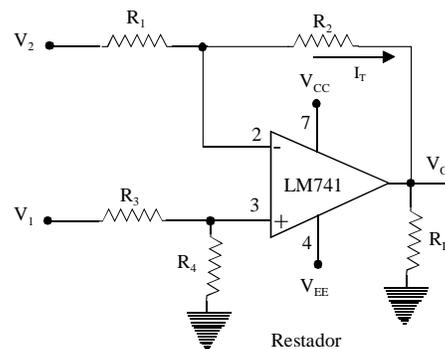
además considerando que hacia el Amp-Op la corriente es nula se tiene a toda la corriente pasando a través de la resistencia RF y establece una caída de voltaje igual al voltaje de salida, esto es

$$V_O = -(I_1 + I_2 + I_3 + \dots)RF$$

De aquí lo único que resta es hacer una simple sustitución.

Sumador No-inversor

Restador



Restador

Este es un esquema típico de un circuito restador.

Valores máximos del voltaje de salida.

Básicamente los amplificadores operacionales toman energía de la fuente con la que están polarizados para proporcionarla a la salida, debido a esto; los valores máximos y/o mínimos del voltaje a la salida son aproximadamente los valores de los voltajes de polarización.

Lo anterior quiere decir que si tenemos una señal de voltaje a la entrada y lo multiplicamos por la ganancia de circuito (amplificación), lo máximo que podemos obtener de voltaje es un valor aproximado a V_{CC} y lo mínimo que podemos obtener es un valor aproximado a V_{EE} .

A los valores límites a los cuales el Amplificador Operacional se satura se les denomina valores de saturación y cumplen con lo siguiente:

$$V_{+SAT} < V_{CC} \quad \text{y} \quad V_{-SAT} > V_{EE}$$

en donde

V_{+SAT} se denomina voltaje de saturación positivo

V_{-SAT} se denomina voltaje de saturación negativo



EJERCICIOS:

1. Diseñar un circuito Amplificador inversor con una ganancia de voltaje de 20 dB y una impedancia de $100K\Omega$.
2. Obtener la ecuación de voltaje para el circuito restador.
3. Diseñar un circuito que responda a la siguiente ecuación.

$$V_o = -V_1 - 10V_2$$

II. DESARROLLO.

Ver anexo para hojas de especificaciones.

1. Armar el circuito del Ejercicio 1 y comprobar los resultados teóricos considerando una frecuencia de 1 KHz.
 - a). Probar para una señal senoidal, triangular y cuadrada.
 - b). Que sucede si aumentamos la frecuencia hasta valores muy grandes.
 - c). Que sucede si aumentamos la magnitud de la señal de la entrada (probar con una señal senoidal).
 - d). Probar el circuito para una señal de CD.
2. Armar el circuito del amplificador inversor, conectar una señal de $V_i = 1v_{pp}$ y frecuencia de 1KHz. Calcular las resistencias para obtener una ganancia de 2.
3. Para el circuito seguidor, conecte una señal de entrada de $V_i = 1v_{pp}$ y frecuencia de 1KHz. Incrementar el voltaje hasta la saturación.
4. Comprobar el circuito diseñado en el ejercicio 3 con señales de voltaje de corriente continua.
 - a). ¿Para qué valores de voltaje de entrada es válida la ecuación de acuerdo al circuito diseñado?
 - b). ¿Qué sucedería si las señales de voltaje en la entrada fuesen de corriente alterna?

III. REQUISITOS.

Cálculos necesarios para el diseño.
 Utilizar ambos canales del osciloscopio.
 Grabar en USB.
 Simular y analizar cada uno de los circuitos de las configuraciones mostradas y obtener los valores teóricos de comportamiento y respuesta del mismo.

IV REPORTAR.

Valores obtenidos en diseño y práctica.
 Graficas de entrada y salida del AO

V OBSERVACIONES y CONCLUSIÓN

VI MATERIALES.

- | | |
|---|----------------------------|
| 1 | LM741 |
| 1 | Resistencia $100K\Omega$. |
| 1 | Fuente de voltaje. |
| 1 | Multímetro |
| 1 | Generador |
| 1 | Osciloscopio Digital. |

VII REFERENCIAS