



Instituto Politecnico Nacional
Escuela Superior de Cómputo



Práctica No. 5

Configuraciones básicas con **amplificadores operacionales**

Electrónica Analógica

Grupo: 2CV13

Integrantes:

⇒ **Bocanegra Heziquio Yestlanezi**

⇒ **Martínez Cruz José Antonio**

Profesor

Ismael Cervantes de Anda

Fecha de entrega: 26 de abril de 2021

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	3
Aplicaciones de los Amplificadores operacionales	3
Configuración inversora	5
Configuración no inversora	5
Configuración de seguidor de voltaje.....	6
Configuración de sumador	6
Configuración de sustractor.....	7
Configuración de Integrador.....	7
Configuración de Derivador	8
MATERIAL	9
EQUIPO	9
OBJETIVO.....	10
DESARROLLO EXPERIMENTAL	11
AMPLIFICADOR INVERSOR	11
.....	11
AMPLIFICADOR NO INVERSOR	12
.....	12
.....	13
SEGUIDOR DE VOLTAJE.....	13
AMPLIFICADOR SUMADOR A continuación, arme el siguiente circuito.....	15
AMPLIFICADOR SUSTRACTOR	15
INTEGRADOR.....	16
.....	16
DERIVADOR.....	17
.....	17
.....	17
.....	17
ANALISIS TEORICO.....	18
.....	18
ANALISIS SIMULADO	19
.....	19
.....	20
.....	20
COMPARACIÓN DE LOS ANALISIS TEORICOS Y PRACTICOS	23
CUESTIONARIO.....	24
CONCLUSIONES.....	25
BOCANEGRA HEZQUIO YESTLANEZI.....	25
MARTINEZ CRUZ JOSÉ ANTONIO.....	25

Bibliografía.....	26
Circuito 1 Amplificador Inversor	11
Circuito 2 Amplificador no inversor	12
Circuito 3 Seguidor de voltaje	13
Circuito 5 Amplificador sustractor	15
Circuito 6 Integrador	16
Circuito 7 Derivador.....	17
Simulación 1 Circuito amplificador inversor	11
Simulación 2 Circuito Amplificador no inversor	12
Simulación 3 Circuito Seguidor de Voltaje.....	14
Simulación 4 Señal Senoidal	14
Simulación 5 Integrador	16
Simulación 6 Circuito Derivador.....	17
Simulación 7 Circuito de amplificacor inversor	19
Simulación 8 Circuito Amplificador no inversor	19
Simulación 9 Circuito Seguidor de Voltaje.....	20
Simulación 10 Amplificador Sumador	20
Simulación 11 Amplificador sustractor	21
Simulación 12 Circuito integrador	21
Simulación 13 Circuito Derivador.....	22
Tabla 1 Calculos Amplificador Inversor	12
Tabla 2 Calculos Amplificador no inversor	13
Tabla 3 Calculos seguidor de voltaje.....	14
Tabla 4 Calculos Amplificador Sumador	15
Tabla 5 Calculos Amplificador Sustracto.....	15
Tabla 6 Ejemplo de comparación	23

INTRODUCCIÓN

La electrónica analógica se ha visto enriquecida con la incorporación de un nuevo componente básico: el amplificador operacional (A.O.).

Aunque realmente el A.O. es un circuito electrónico evolucionado, sus características de versatilidad, uniformidad de polarización, propiedades notables y disposición en circuito integrado, convierten al mismo en un nuevo elemento electrónico capaz de intervenir en la conformación de circuitos analógicos de mayor complejidad.

La utilización del A.O. en circuitería presupone un adecuado conocimiento de sus características de funcionamiento y prestaciones. Estos datos se evalúan en base a determinadas características proporcionadas por el fabricante.

El amplificador operacional (AO), es un amplificador que posee, dos entradas activas referidas a masa (entrada diferencial); la entrada inversora (-), y la no inversora (+). Tiene una salida y se alimenta con tensión simétrica (dos fuentes de tensión) [1].

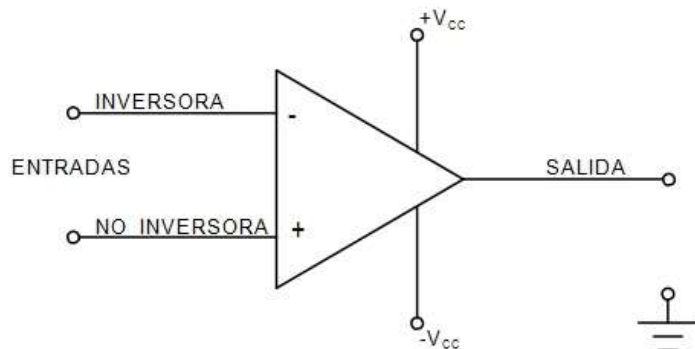
Las características del AO ideal son:

- Ganancia de tensión en lazo abierto (A0) infinita.
- Impedancia de entrada (Z_e) infinita.
- Impedancia de salida (Z_s) cero.

El A.O. es un dispositivo amplificador cuyas características de funcionamiento se aproximan a las de un amplificador ideal: ganancia infinita, salida nula en ausencia de la señal de entrada, impedancia de entrada infinita, impedancia de salida cero, ancho de banda infinito y tiempo de subida nulo.

Las características de un A.O. real difieren de las propias de un A.O. ideal. No obstante, un A.O. típico está caracterizado por las siguientes propiedades sustancialmente aceptables: elevada ganancia en tensión, alta impedancia de entrada, ancho de banda amplio (partiendo desde c.c.), baja tensión de offset, mínima distorsión, nivel de ruido reducido, etc.

El amplificador operacional posee dos entradas: una INVERSORA (-) y otra NO INVERSORA (+) y una salida asimétrica referida a masa [2].



Aplicaciones de los Amplificadores operacionales

Además de amplificar una señal o en general, llevar a un intervalo adecuado para procesamiento y análisis), los A.O. tienen muchos otros usos:

- Acondicionamiento de señales: aumentar su potencia, además de su intensidad, para que

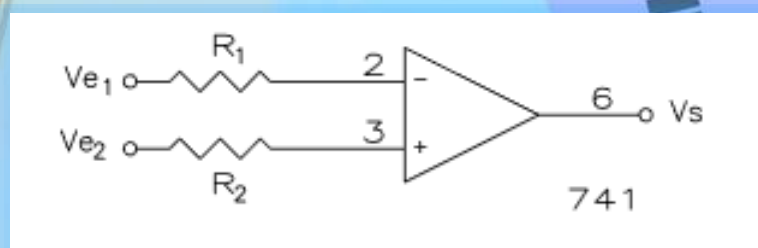
no sufra distorsión o atenuación por el proceso de medición, sobre todo si la impedancia de entrada del circuito sensor no es suficientemente alta; esto se logra garantizando que la señal a medir tenga un nivel mínimo de potencia entregada; el acondicionamiento también incluye: paso a escala logarítmica, cambiar offset, polaridad, modulación, mayor inmunidad a ruido y estabilidad, etc.;

- Acoplamiento de impedancias: aunque puede considerarse parte del acondicionamiento, es más general; aislamiento de circuitos;
- Filtros activos (pasa altas, pasa bajas, pasa banda, rechaza banda);
- Circuitos osciladores, generadores de pulsos y de formas de onda;
- Procesamiento analógico de señales: comparadores, sumadores, integradores, derivadores, elementos de retardo, cambios de fase, rectificadores, etc.;
- Procesamiento lógico de señales: en ciertas aplicaciones se obtiene el mismo efecto de las compuertas lógicas digitales, entregando ya sea un valor de voltaje cero (falso) o de saturación (verdadero o "uno lógico");
- Simulación analógica de sistemas dinámicos; ventajas de mayor velocidad y resolución que con circuitos digitales;
- Solución analógica de ecuaciones integro-diferenciales inclusive no-lineales, entre otras [3].

A continuación, se verán las configuraciones más empleadas con los Amplificadores Operacionales.

Configuración en lazo abierto.

También es conocida como sin realimentación. En ella la ganancia viene determinada por el propio fabricante y sobre ella no se tiene ningún control. Esta configuración se utiliza para circuitos comparadores.

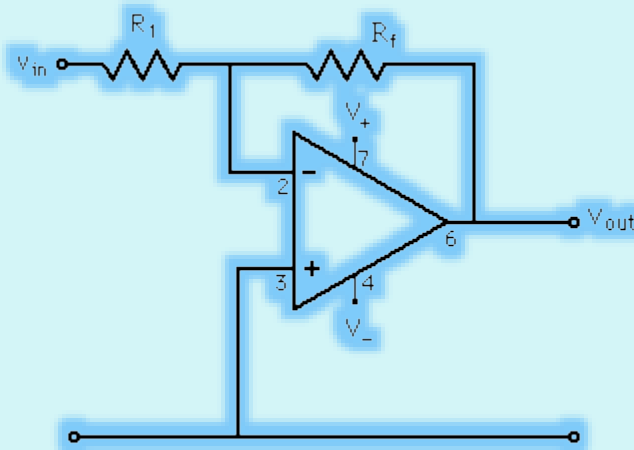


Configuración inversora

En un op-amp ideal, la ganancia del amplificador inversor está dada simplemente por

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_1}$$

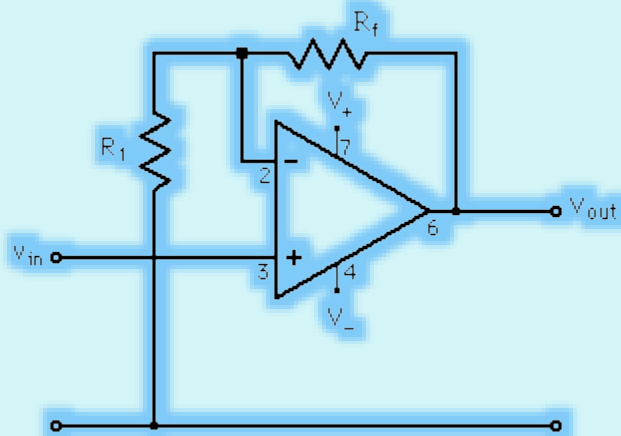
Para resistencias iguales, tiene una ganancia de -1, y se usa en los circuitos digitales como buffer inversor.



Configuración no inversora

En un op-amp ideal, la ganancia del amplificador no inversor está dada por

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$



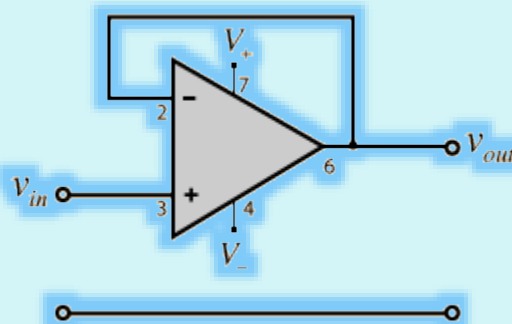
Configuración de seguidor de voltaje

El seguidor de voltaje con un op amp ideal, da simplemente

$$V_{out} = V_{in}$$

Pero este resultado tiene una aplicación muy útil, porque la impedancia de entrada del op amp es muy alta, proporcionando un efecto de aislamiento de la salida respecto de la señal de entrada, anulando los efectos de "carga". Esto lo convierte en un circuito útil de primera etapa.

El seguidor de tensión se utiliza a menudo en los circuitos lógicos, para la construcción de buffers.



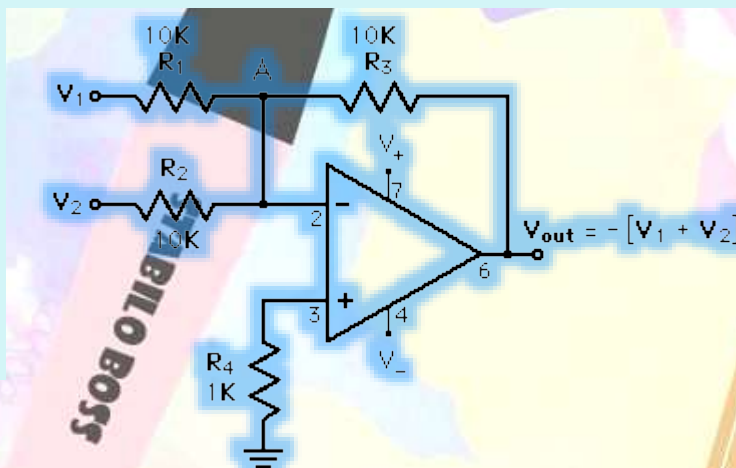
Configuración de sumador

El comportamiento de la mayoría de las configuraciones de op-amps se pueden determinar aplicando las "reglas de oro". En un amplificador sumador, por la regla de la corriente, la entrada no invertida es una tierra virtual. Luego la corriente en el punto A debe ser cero. Esto requiere

$$\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} = - \frac{V_{out}}{R_3}$$

De aquí

$$V_{out} = - [V_1 + V_2]$$



Configuración de sustractor

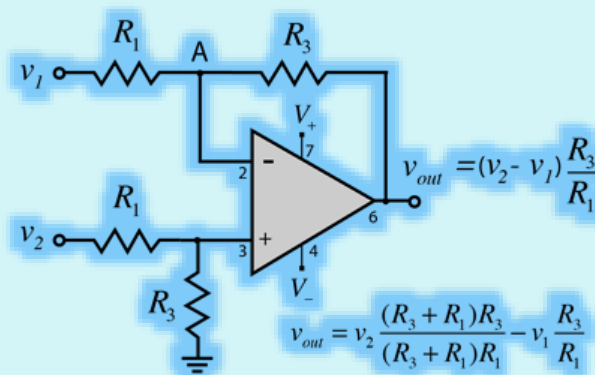
El voltaje en 3 está dado por

$$v_2 \frac{R_3}{R_1 + R_3} = v_A$$

por lo tanto, por la regla de voltaje ese voltaje aparece en A. La regla de corriente en A da

$$\frac{v_1 - v_A}{R_1} = -\frac{v_{out} - v_A}{R_3}$$

Por sustitución se obtiene la expresión de la derecha.



Configuración de Integrador

La tensión de salida es proporcional a la derivada de la señal de entrada v_i y a la constante de tiempo ($t = RC$), la cual generalmente se hace igual a la unidad. Para efectos prácticos el diferenciador proporciona variaciones en la tensión de salida ocasionadas por el ruido para el cual es muy sensible, razón por la cual es poco utilizado.

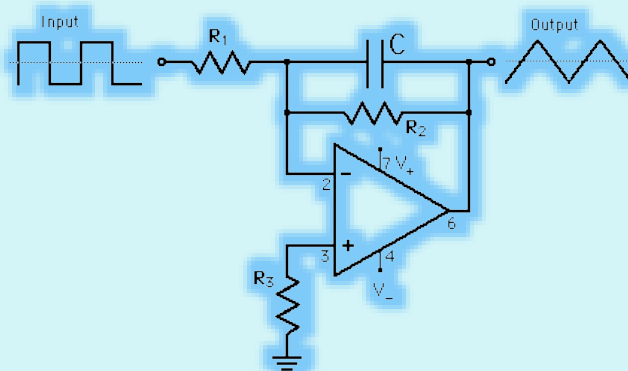
(En el dominio de la frecuencia)

$$v_o(s) = -\frac{R}{\left(\frac{1}{sC}\right)} v_i(s)$$

$$v_o(s) = -RCs v_i(s)$$

(En el dominio del tiempo)

$$v_o(t) = -RC \frac{d}{dt} v_i(t)$$



Configuración de Derivador

En este caso la red de realimentación está dada por un capacitor y la expresión de la tensión de salida es proporcional a la integral de la señal de entrada e inversamente proporcional a la constante de tiempo ($t=RC$), que generalmente se hace igual a la unidad.

(En el dominio de la frecuencia)

$$v_o(s) = -\left(\frac{1}{sC}\right) \frac{v_i(s)}{R}$$

$$v_o(s) = -\frac{1}{RsC} v_i(s)$$

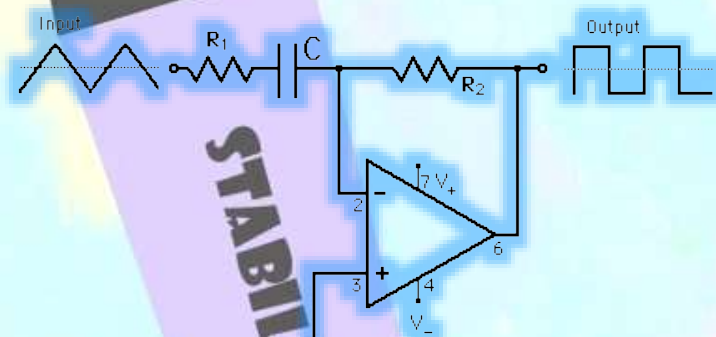
(En el dominio del tiempo)

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_{-\infty}^t v_i(\tau) d\tau$$

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \left[\int_{-\infty}^0 v_i(\tau) d\tau + \int_0^t v_i(\tau) d\tau \right]$$

La primera integral se hace cero ya que se suponen condiciones iniciales nulas, por tanto:

$$v_o(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t v_i(\tau) d\tau$$



STABILOBOSS

STABILOBOSS

MATERIAL

1 Tablilla de experimentación PROTOBOARD.
4 TL071 o LM741 (Amplificador Operacional)
2 Resistencias de 560Ω a $\frac{1}{4}$ W.
6 Resistencias de $1K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W.
2 Resistencias de $2.2K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W
4 Resistencias de $10K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W
2 Resistencias de $15K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W
5 Resistencias de $100 K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W.

2 Resistencias de $150K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W
2 Resistencias de $220 K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W
2 Resistencias de $560K\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W
2 Resistencias de $4.7 M\Omega$ a $\frac{1}{4}$ W
2 Capacitor de $0.01 \mu F$
2 Capacitor de $0.0022 \mu F$
2 Capacitor de $100 pF$

EQUIPO

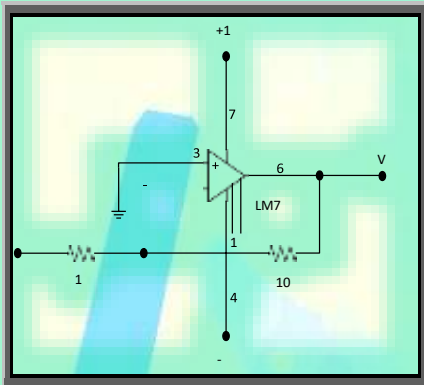
1 Fuente de alimentación dual + 12V y - 12V
1 Multímetro digital.
1 Generador de Funciones 10Hz-1MHz.
1 Osciloscopio de propósito general.

3 Cables coaxial con terminal BNC-Caiman.
4 Cables CAIMAN – CAIMAN.
3 Cables BANANA – CAIMAN.

OBJETIVO

Con base en lo aprendido en las sesiones, al terminar la practica debemos ser capaces de comprobar las configuraciones básicas de los amplificadores operacionales, tales como el amplificador inversor, no inversor, seguidor de voltaje, sumador, sustractor, integrador y derivador. Así como debemos poder interpretar los resultados obtenidos para los circuitos mencionados en el desarrollo experimental de la práctica.

DESARROLLO EXPERIMENTAL



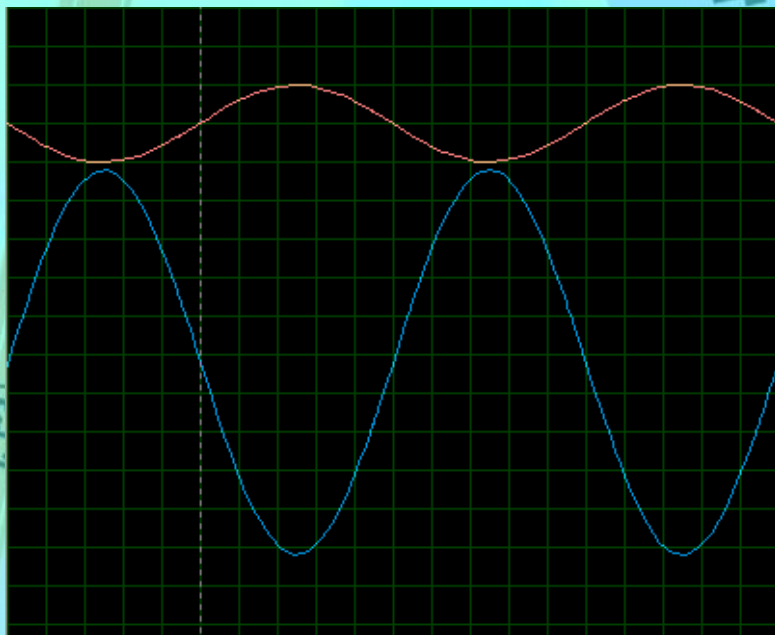
Circuito 1 Amplificador Inversor

En todos los circuitos se empleará el amplificador operacional LM0741 con $\pm 12V$ de alimentación.

AMPLIFICADOR INVERSOR

Arme el circuito como se muestra en la siguiente figura.

Introduzca una señal senoidal con 1 Vpp a una frecuencia de 1 kHz en la entrada del circuito (V_i). En el osciloscopio observe la magnitud del voltaje pico a pico de entrada en el canal 1 y en el canal 2 el voltaje de salida compare la fase (note la inversión de la señal de salida con respecto a la entrada), determine la ganancia y grafique las formas de ondas obtenidas.



Simulación 1 Circuito amplificador inversor

Los valores calculados no difieren de los obtenidos en la simulación, pero en una situación práctica los valores de las resistencias y del amplificador no son exactos y tienen pequeñas variaciones, las cuales podría generar un cambio significativo.

1V/div canal 1 2V/div canal 2

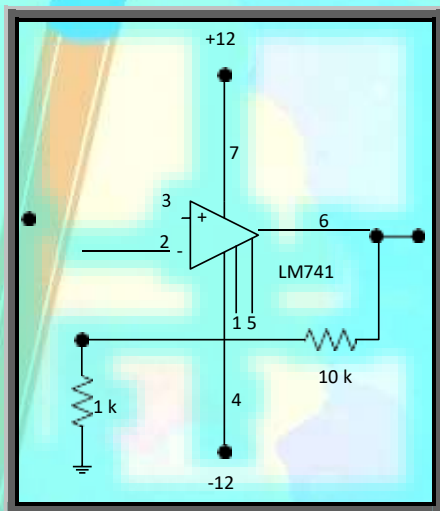
0.1mseg/div

	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	1V	10V	10V
Practico	1V	10V	10V

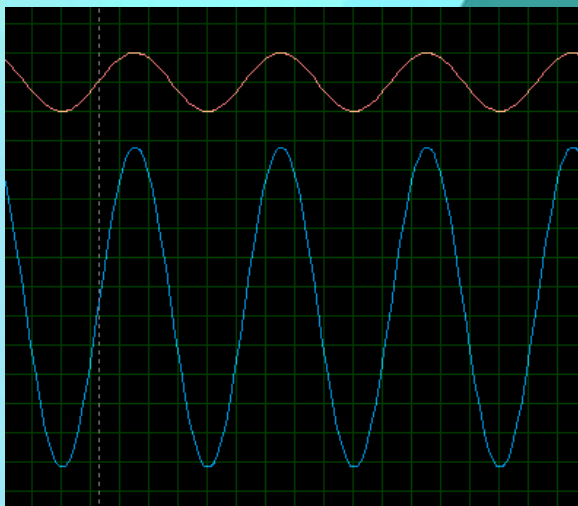
Tabla 1 Calculos Amplificador Inversor

AMPLIFICADOR NO INVERSOR

Conecte el circuito según la configuración siguiente:



Circuito 2 Amplificador no inversor



Simulación 2 Circuito Amplificador no inversor

Introduzca una señal senoidal con 1 Vpp a una frecuencia de 1 kHz en la entrada del circuito (V_i). Mida el voltaje de entrada en el canal 1 y el voltaje de salida en el canal 2 y determine la ganancia del amplificador. Note que la señal de salida está en fase con la señal de entrada. Grafique las formas de ondas obtenidas.

La variación que existe en la salida del amplificador del simulador al del voltaje obtenido de manera teórica, puede deberse a la configuración del amplificador del simulador.

1V/div canal 1 2V/div canal 2

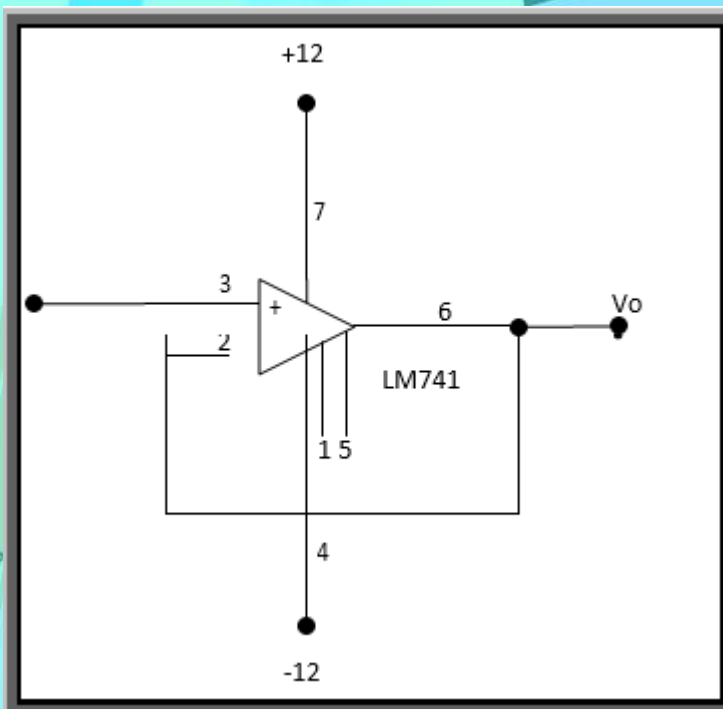
0.2mseg/div

	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	1V	11V	11V
Practico	1V	10.9V	10.9V

Tabla 2 Calculos Amplificador no inversor

Vsat (+)	Vsat (-)
10.90V	-10.9V

Aumente la amplitud de la señal de entrada hasta observar la saturación de la salida, anotando el valor positiva y negativa máxima.



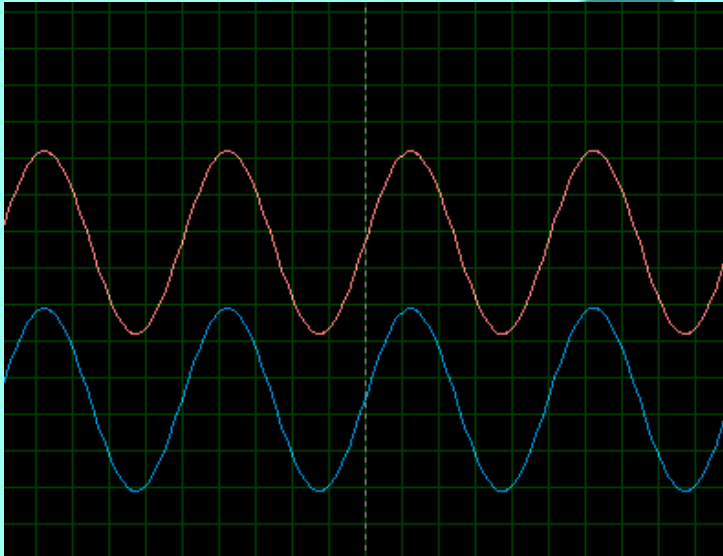
Circuito 3 Seguidor de voltaje

SEGUIDOR DE VOLTAJE

Comprobar su funcionamiento mediante las mediciones de voltaje de entrada y salida. Construya el siguiente circuito.

Introduzca una señal senoidal con 5 Vpp a una frecuencia de 1 kHz en la entrada del circuito (V_i). En el osciloscopio observe la magnitud del voltaje de entrada en el canal 1 y en el canal 2 la señal de salida compare la fase y dibuje las formas de ondas obtenidas.

Con el arreglo del circuito anterior aplique una señal senoidal de 5 Vpp y una frecuencia de 1 kHz observando la gráfica de transferencia en el osciloscopio en el modo X-Y, dibujándola a continuación.



Los valores obtenidos son exactos para ambos casos, solo en una práctica física podría ser un voltaje menor, pero no muy significativo

Simulación 3 Circuito Seguidor de Voltaje

5V/div canal 1

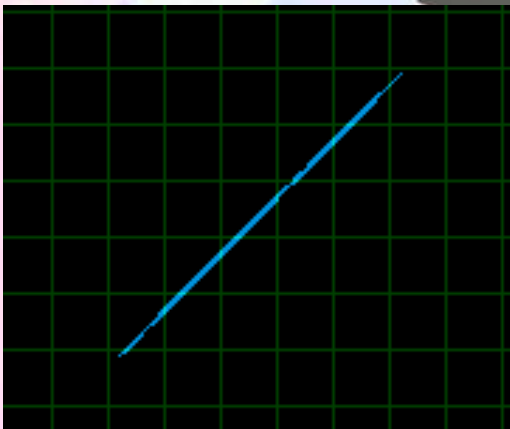
5V/div canal 2

0.2mseg/div

	Entrada	Salida
Teórico	5V	5V
Practico	5V	5V

Tabla 3 Calculos seguidor de voltaje

Con el arreglo del circuito anterior aplique una señal senoidal de 5 Vpp y una frecuencia de 1 kHz observando la gráfica de transferencia en el osciloscopio en el modo X-Y, dibujándola a continuación.

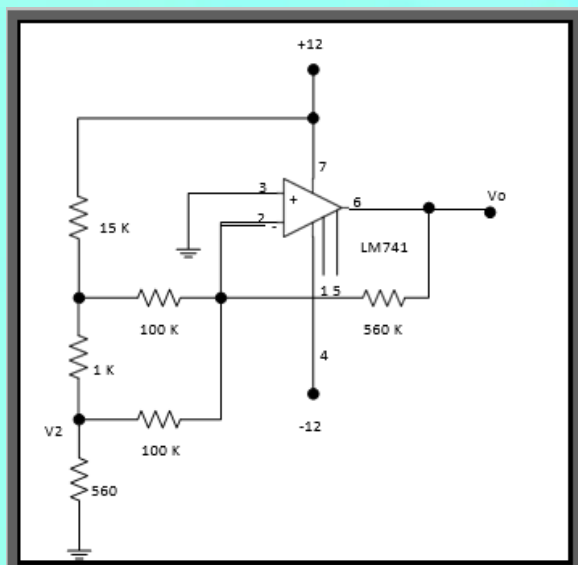


En nuestro eje horizontal tenemos un voltaje de 5 volts debido al canal 1, mientras que en el eje vertical tenemos un voltaje de 5 volts, dando origen a una recta con pendiente positiva.

2V/div canal 1

2V/div canal 2

Simulación 4 Señal Senoidal



AMPLIFICADOR SUMADOR

A continuación, arme el siguiente circuito

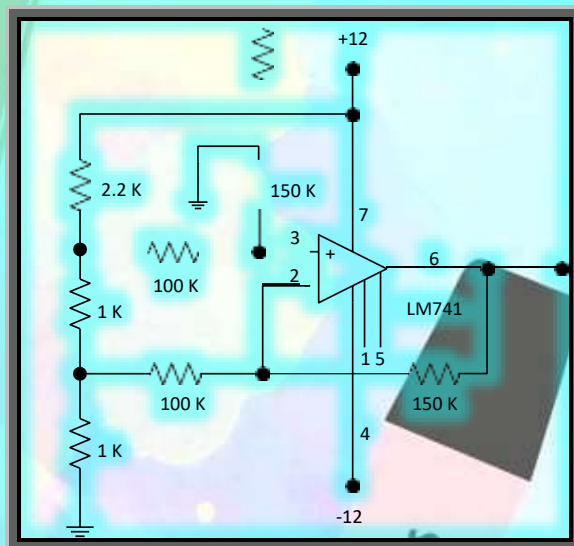
Medir los diferentes voltajes de entrada (V1 y V2) y el voltaje de salida (V0) con la ayuda del voltímetro llenando la tabla siguiente en el área de los resultados teóricos. Para llenar la tabla en el área teórica, haga los cálculos para obtener los valores.

	V1	V2	V0
Teórico	1.1V	398mV	-8.39V
Practico	1.1V	390mV	-8.388V

Tabla 4 Calculos Amplificador Sumador

AMPLIFICADOR SUSTRADOR

A continuación, arme el siguiente circuito.



Circuito 4 Amplificador sustractor

Del circuito de la figura medir los diferentes voltajes de entrada (V1 y V2) y el voltaje de salida (V0) con la ayuda del voltímetro llenando la tabla siguiente en el área de los resultados teóricos. Para llenar la tabla en el área teórica, haga los cálculos para obtener los valores.

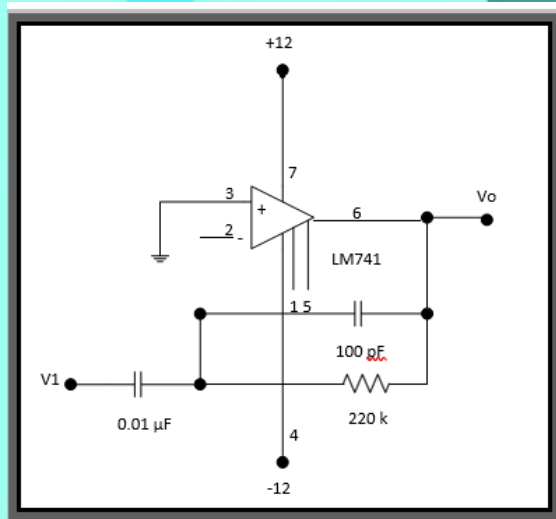
	V1	V2	V0
Teórico	5.69V	2.85V	4.28V
Practico	5.91V	2.91V	4.26

Tabla 5 Calculos Amplificador Sustractor

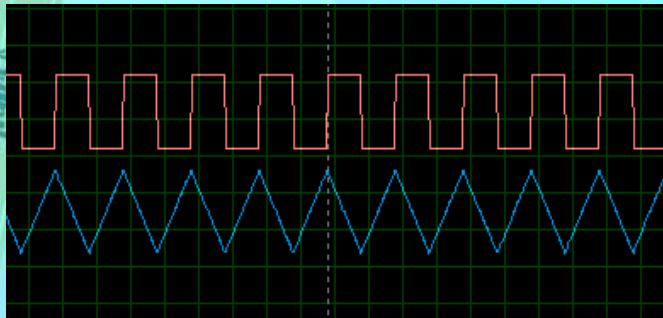
INTEGRADOR

Construya la configuración de un integrador como se muestra en la siguiente figura e introduzca en el voltaje de entrada una señal cuadrada de 1 Vpp a 1 KHz.y mida la señal en el canal 1 y en el canal 2 coloque la señal de salida.

Muestre las formas de onda obtenidas de las señales de entrada y salida.



Circuito 5 Integrador



Simulación 5 Integrador

Podemos apreciar la correcta modificación de la señal cuadrada a una triangular.

0.5V/div canal 1

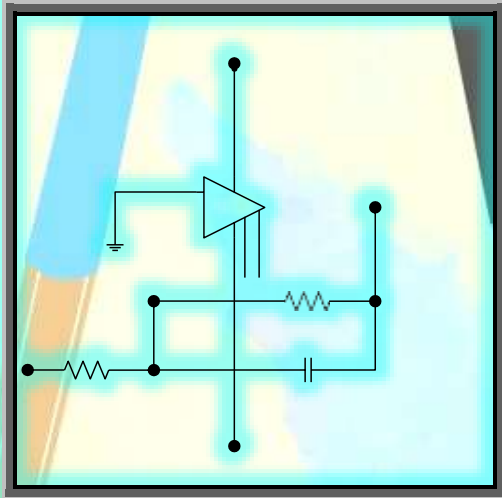
5V/div canal 2

0.5mseg/div

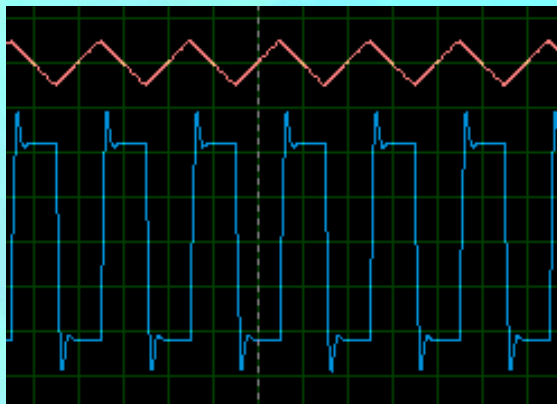
DERIVADOR

A continuación, arme el siguientes circuito.

Introduzca un voltaje de entrada de una señal triangular a 1Vpp y frecuencia de 1KHz, mida el voltaje de entrada en el canal 1 y en el canal 2 el voltaje de salida, dibujando las formas de onda obtenidas de la entrada y de la salida.



Circuito 6 Derivador



Simulación 6 Circuito Derivador

A pesar de ser una simulación, no esta exenta de presentar problemas como ruido dentro del mismo circuito. Afortunadamente podemos ver que la conversión de señal es la apropiada.

1V/div canal 1 2V/div canal 2

0.5mseg/div

ANALISIS TEORICO

* Amplificador Inversor

$$V_{sal} = \left(\frac{R_F}{R} \right) V_{ent}$$

$$A_v = \frac{V_{sal}}{V_{ent}} = \frac{10V}{1V} = \underline{10V//}$$

$$V_{sal} = \left(\frac{10K}{1K} \right) (1) = \underline{10V//}$$

* Amplificador No Inversor

$$V_{sal} = \left(\frac{R_F}{R} + 1 \right) V_{ent}$$

$$A_v = \frac{11V}{1V} = \underline{11V//}$$

$$V_{sal} = \left(\frac{10K}{1K} + 1 \right) (1) = \underline{11V//}$$

* Seguidor de voltaje

$$\Rightarrow V_{sal} = V_{ent}$$

$$\Rightarrow A_v = \frac{V_{sal}}{V_{ent}} = \frac{5V}{5V} = \underline{1V//}$$

$$V_{sal} = \underline{5V//}$$

* Amplificador sumador

$$V_{sal} = - \frac{R_F}{R} (V_{ent1} + V_{ent2}) = - \frac{560K}{100K} (1.1V + 398mV)$$

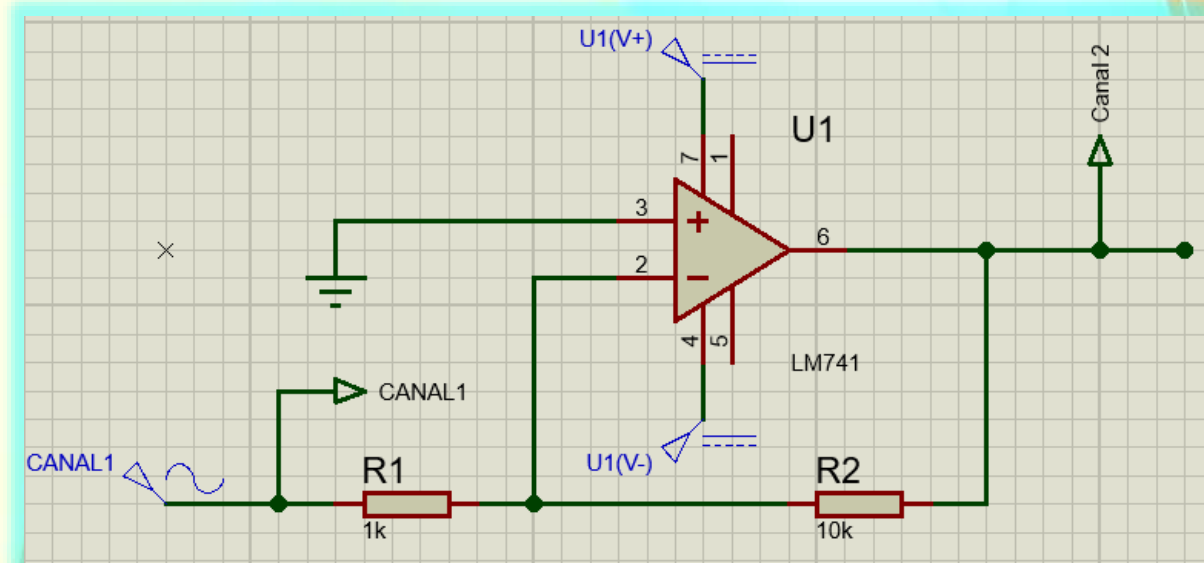
$$V_{sal} = \underline{-8.388V//}$$

* Amplificador sustractor

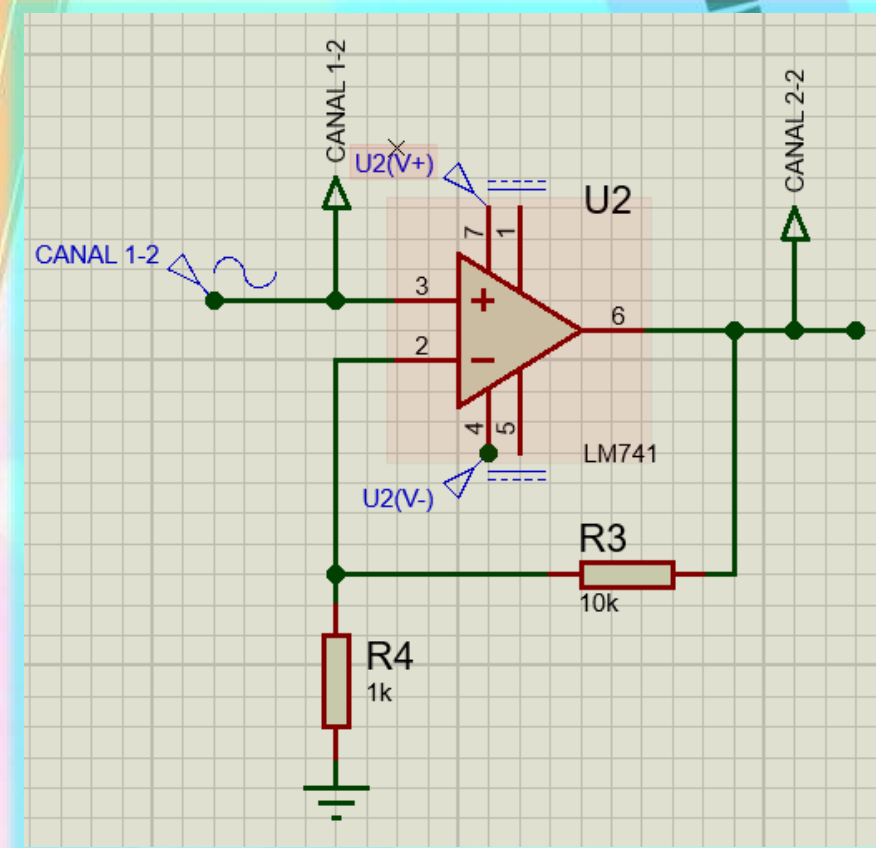
$$V_{sal} = (V_2 - V_1) \frac{R_F}{R}$$

$$V_{sal} = (5.69V - 2.85) \left(\frac{150K}{100K} \right) = \underline{4.26V//}$$

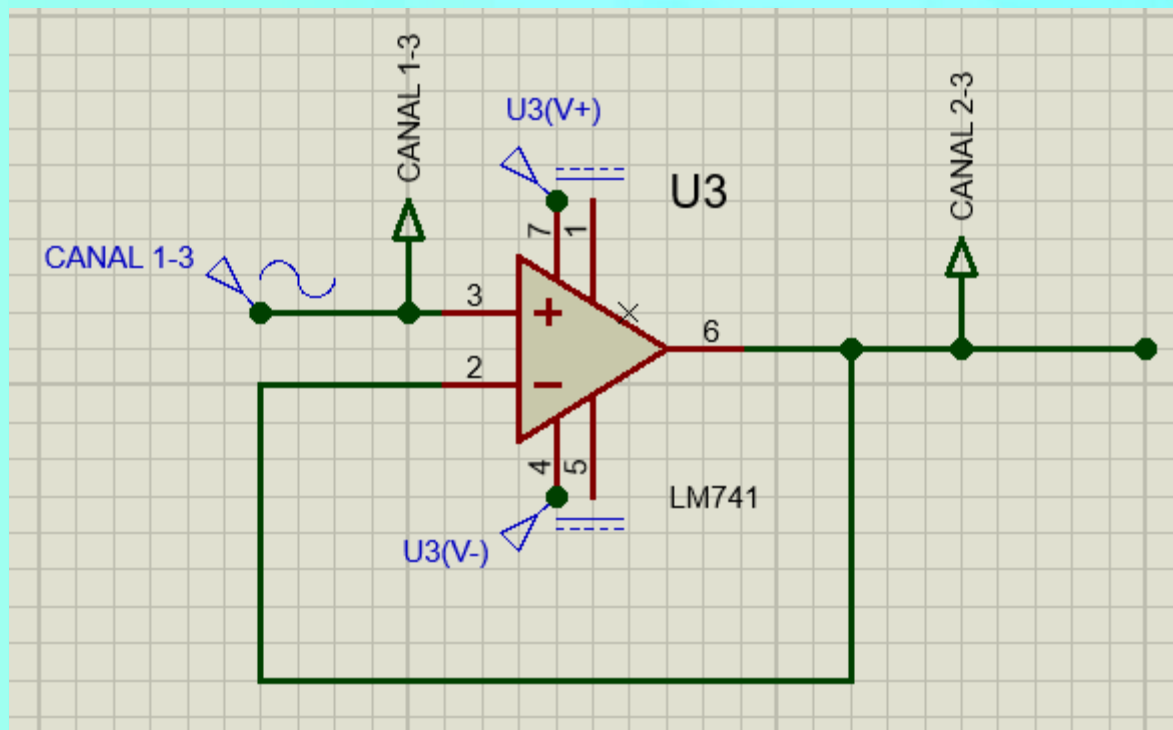
ANALISIS SIMULADO



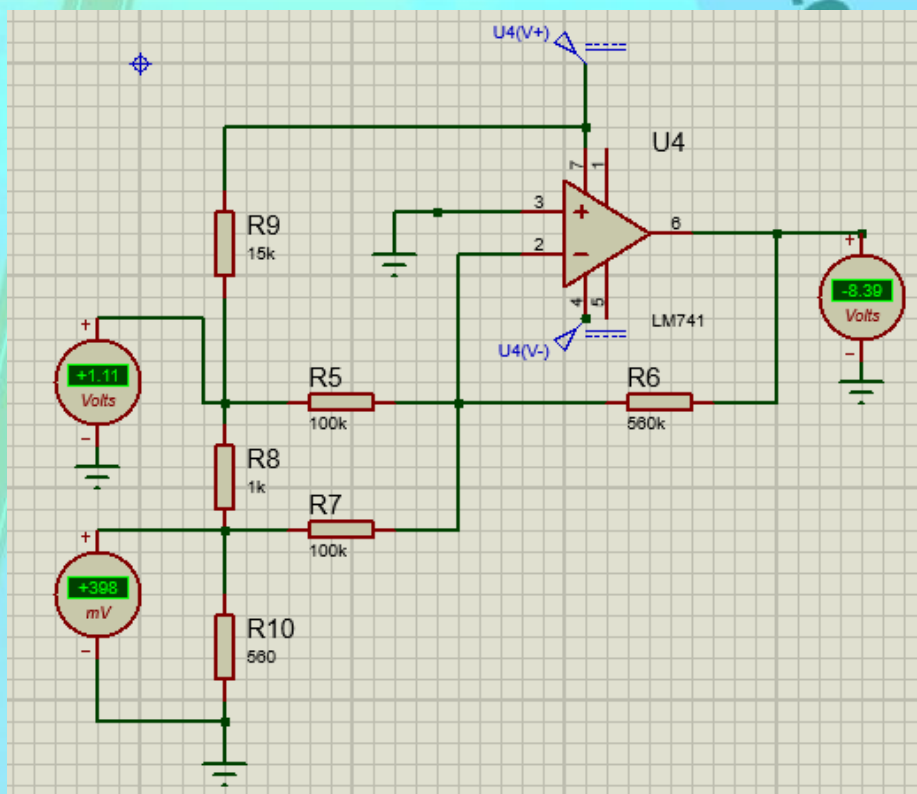
Simulación 7 Circuito de amplificador inversor



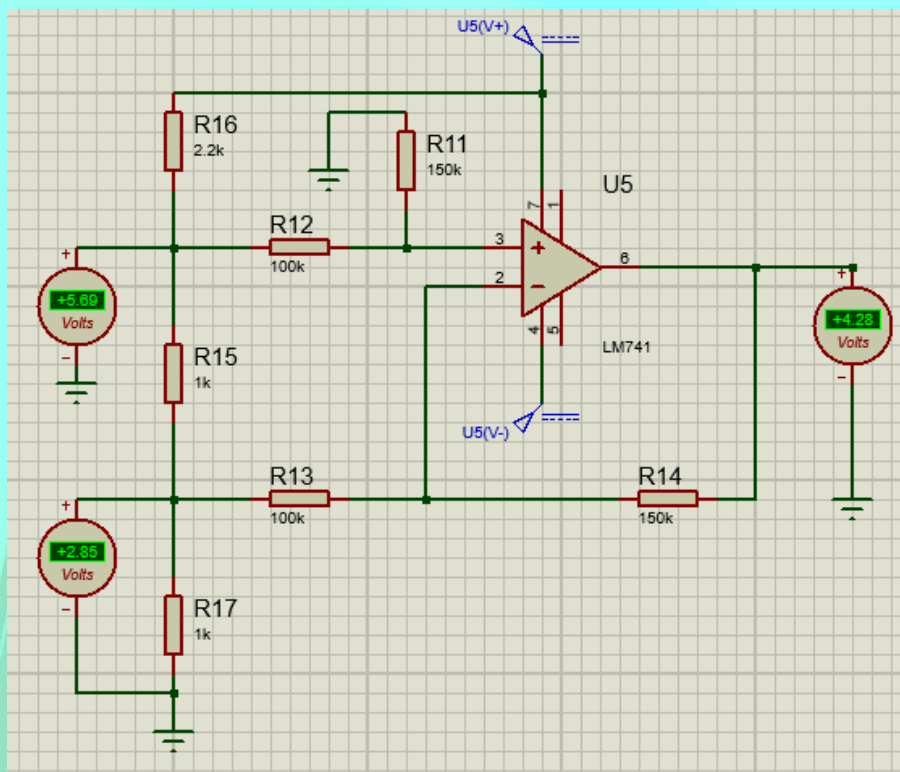
Simulación 8 Circuito Amplificador no inversor



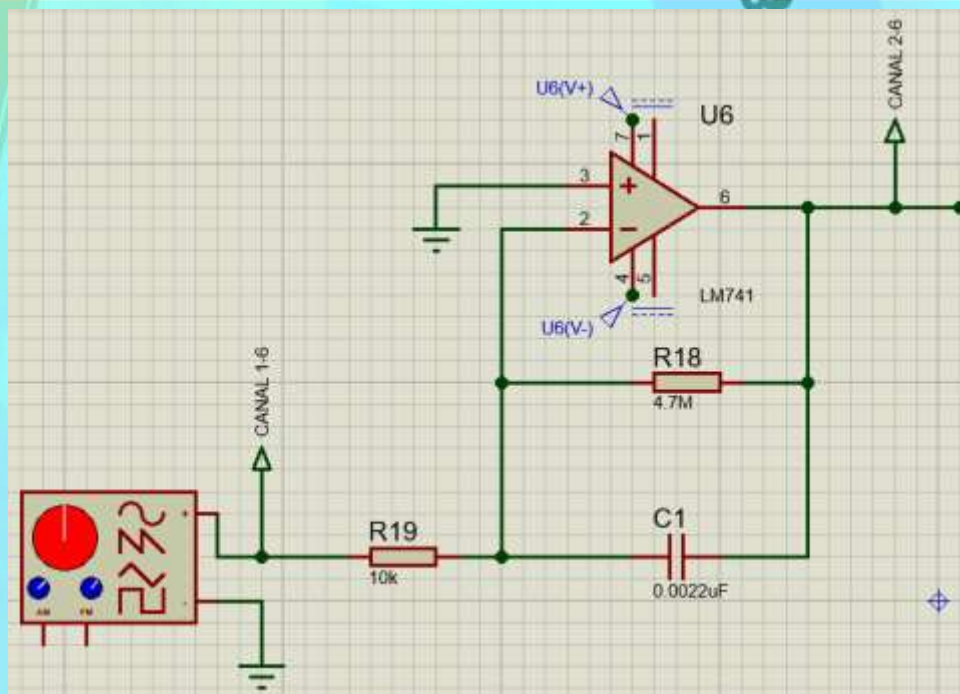
Simulación 9 Circuito Seguidor de Voltaje



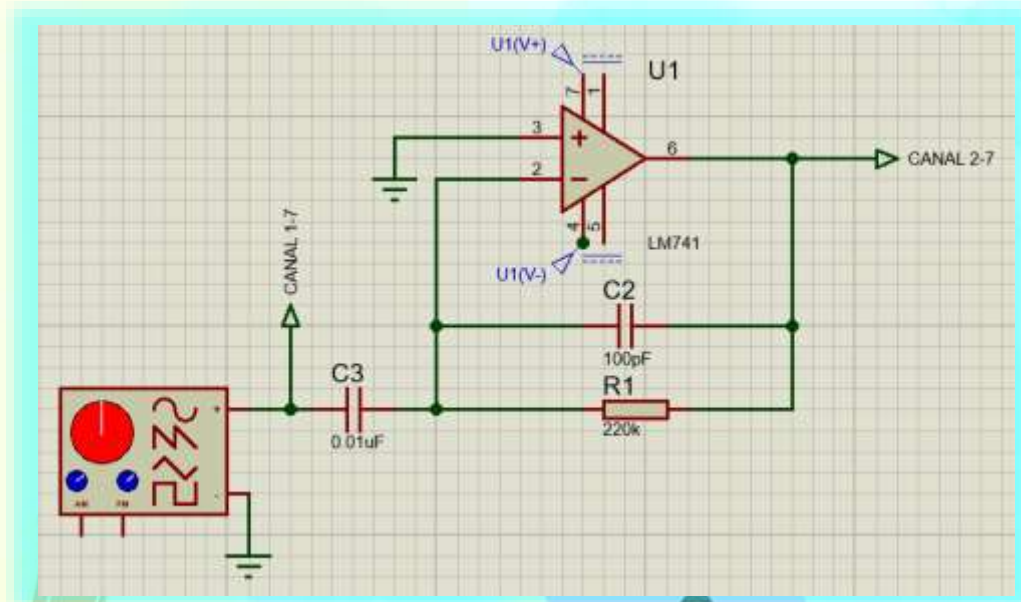
Simulación 10 Amplificador Sumador



Simulación 11 Amplificador sustractor



Simulación 12 Circuito integrador



Simulación 13 Circuito Derivador

COMPARACIÓN DE LOS ANALISIS TEORICOS Y PRACTICOS

Al ser una practica totalmente realizada en simulador, es difícil apreciar la diferencia entre el calculo realizado a mano a medirlo físicamente con el osciloscopio. Es por eso que la diferencia es casi nula entre cada calculo obtenido. De haber realizado la practica de manera física, la diferencia podría apreciarse mejor debido a que los valores que arrojan los resistores, capacitos, amplificadores y fuentes no son exactos, esta nos daría una resulta con una diferencia más significativa.

Ejemplo: Amplificador Inversor

	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	1V	10V	10V
Practico	1V	10V	10V

Tabla 6 Ejemplo de comparación

En el primer circuito del amplificador inversor podemos apreciar como la diferencia que existe entre ambos cálculos es nula.

CUESTIONARIO

1. ¿Qué representa el signo negativo en los circuitos: inversor, sumador, derivador e integrador?

El signo negativo indica que la señal en la salida será la opuesta a la entrada (se confirma que una señal positiva aplicada a la entrada produce una tensión negativa a la salida y viceversa).

2. Explica porque existe una diferencia entre el voltaje de salida teórico y práctico de los circuitos sumador y restador.

Hay que tener en cuenta que hay una tensión offset a la salida y a ello conlleva a errores de medida.

3. ¿Qué función tiene el circuito seguidor de voltaje?

La impedancia de entrada del amplificador operacional es muy alta, proporcionando un efecto de aislamiento de la salida respecto de la señal de entrada, anulando los efectos de "carga".

- 4.Cuál es la finalidad de agregarle una resistencia en paralelo al capacitor en el integrador y un capacitor en paralelo a la resistencia del derivador capacitor en paralelo a la resistencia del derivador?

Si hubiese ruido a la entrada, éste normalmente sería de una frecuencia más alta comparado con la señal a derivar o integrar, esto causaría que pequeños valores de ruido aparezcan a la salida mucho más grandes. Para evitar esto se coloca en la entrada una resistencia o un condensador en paralelo con la resistencia o capacitor de realimentación para reducir la tendencia a oscilar del circuito.

CONCLUSIONES

BOCANEGRA HEZQUIO YESTLANEZI

Con base en lo aprendido durante las clases pudimos ser capaces de realizar la practica sin muchos problemas, los problemas se presentaron cuando quisimos realizar las simulaciones, ya que los simuladores a veces tienen fallas, en las demás practicas trabajamos con multisim pero en esta ocasión debimos cambiarlo a proteus ya que surgieron unas fallas con la conexión de nuestro ultimo circuito.

Ya que solo pudimos hacer los circuitos mediante una simulación, pudimos notar al realizar los cálculos “prácticos” que no era mucha la diferencia entre los datos, ya que en las tablas se puede observar que eran idénticos y en otras eran casi idénticos, esto nos hace saber que nuestros datos eran acertados o que lo habíamos resuelto de la manera correcta.

MARTINEZ CRUZ JOSÉ ANTONIO

En esta práctica trabajamos con amplificadores, empleándolos en diversos circuitos que realizan ciertas tareas específicas: inversor, no inversor, seguidor de voltaje, sumador, sustractor, integrador y derivador. Un amplificador operacional es un dispositivo electrónico que se encarga de aumentar la amplitud de onda de una señal, es decir, aumenta el voltaje pico de esta. Para que el amplificador funcione es necesario aplicar un voltaje de +12 V y otro de -12 V, en el caso de los circuitos realizados en esta práctica, ya que depende de la amplitud que puede tener la salida del amplificador, esto también es de forma parecida a una compuerta lógica. Los amplificadores inversores pueden aumentar, disminuir o mantener la señal, además de invertir su polaridad. La señal de salida del sumador es negativa, debido a su propiedad inversora. El integrador convierte una señal cuadrada de entrada en una triangular, y el derivador una triangular en una cuadrada.

Bibliografía

- [1] A. Tecnologia, «Area Tecnologia,» [En línea]. Available:
] <http://www.areatecnologia.com/amplificadores-operacionales/amplificador-operacional-introduccion.htm>.
- [2] J. Marquez, «Universidad Autonoma de Mexico,» [En línea]. Available:
] <http://www.academicos.ccadet.unam.mx/jorge.marquez/cursos/Instrumentacion/AmplificadoresOperacionales.pdf>.
- [3] P. d. Barranquet, «Lecciones de electronica,» [En línea]. Available:
] http://www.ifent.org/temas/amplificadores_operacionales.asp.