



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL



ESCUELA SUPERIOR DE CÓMPUTO

INGENIERIA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

MATERIA: ELECTRÓNICA ANALÓGICA

PROFESOR: ROCHA BERNABE ROSARIO

EQUIPO: 4

PRESENTAN:

RAMIREZ BENITEZ BRAYAN

CHAVEZ LOPEZ OLIVER OMAR

GRUPO: 2CM5

PRÁCTICA No. 5

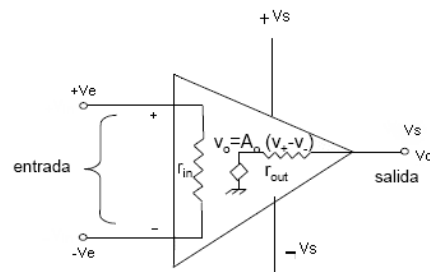
CONFIGURACIONES BÁSICAS CON AMPLIFICADORES OPERACIONALES

ESTADO DE MEXICO DICIEMBRE 2020

Marco Teórico

Un amplificador operacional, es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimenta con fuentes positivas y negativas, lo cual permite que obtenga excursiones tanto por arriba como por debajo de masa o punto de referencia que se considere. Se caracteriza especialmente porque su respuesta en: frecuencia, cambio de fase y alta ganancia que se determina por la realimentación introducida externamente. Por su concepción, presenta una alta impedancia (Z) de entrada y muy baja de salida.

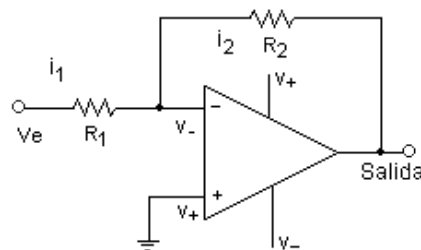
MODELO IDEAL DEL AMPLIFICADOR OPERACIONAL



- 1 – A_V infinita $\implies V_+ = V_- \implies$ Principio de TIERRA VIRTUAL.
- 2 – R_{in} (Z_i) – Infinita (típico algunos MW) $\implies I_+ = I_- = 0$.
- 3 – R_{out} (Z_o) nula (entre 100 y 200W) \implies fuente de tensión ideal.
- 4 – Amplificador de AC y DC.
- 5 – Ancho de banda infinito.

AMPLIFICADOR INVERSOR.

En este circuito, la entrada $V(+)$ está conectada a masa y la señal se aplica a la entrada $V(-)$ a través de R_1 , con realimentación desde la salida a través de R_2 . La entrada $V(-)$ es un punto de tierra virtual, ya que está a un potencial cero.



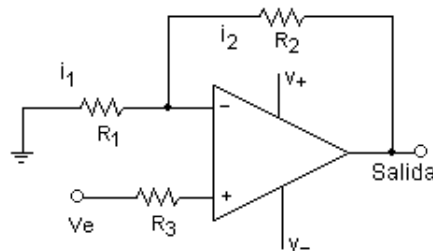
El circuito comúnmente más utilizado es el circuito de ganancia constante. El amplificador inversor amplifica e invierte una señal 180° , es decir, el valor de la tensión de salida está en oposición de fase con la de entrada y su valor se obtiene

al multiplicar la tensión de la entrada por una ganancia fija constante, establecida por la relación entre R_2 y R_1 , resultando invertida esta señal (desfase).

$$\begin{aligned}
 v_- &= v_+ = 0 \\
 i_1 &= i_2; \quad i_1 + i_2 = 0 \\
 \frac{v_e - v_-}{R_1} + \frac{v_o - v_-}{R_2} &= 0 \\
 \text{Reduciendo;} \\
 \frac{v_e}{R_1} + \frac{v_o}{R_2} &= 0 \\
 v_o &= -\frac{R_2}{R_1} v_e
 \end{aligned}$$

AMPLIFICADOR NO INVERSOR.

Este es el caso en que la tensión de entrada V_e , está en fase con la de salida V_s , esta tensión de salida, genera una corriente a través de R_2 hacia el terminal inversor, a su vez a través de R_1 , se genera una corriente hacia el mismo terminal, pero de signo contrario, por lo que ambas corrientes se anulan, reflejando en la salida la tensión de entrada amplificada.



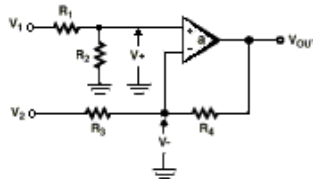
Según se ha mencionado antes, el valor de $+V_e$ se refleja en la entrada inversora - V_e del amplificador operacional y teniendo en cuenta que se considera un “cortocircuito virtual”, podemos establecer que $i_e = V_e/R_1$.

Y como la corriente en la entrada inversora $i_- = 0$; $i_1 = i_2$; por lo tanto $V_o = (R_1 + R_2) i_1$, sustituyendo; $V_o / V_e = (1 + R_2/R_1)$; $v_o = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} v_e$ y finalmente la ganancia en tensión:

$$A_v = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1}$$

AMPLIFICADOR DIFERENCIAL.

El caso más común de configuración es permitir la entrada de señal, por ambas puertas, tanto por la inversora como por la no – inversora. La señal de salida será proporcional a la diferencia entre las entradas y estará en fase con las señales aplicadas. Aunque está basado en las dos disposiciones vistas anteriormente. El amplificador diferencial tiene características únicas.



En la figura, se muestra un dispositivo activo lineal con dos entradas V_1 y V_2 y una salida V_o , respecto a la tensión media de alimentación o masa. En el amplificador diferencial ideal, la tensión V_o viene expresada por:

$$V_o = A_d (V_1 - V_2)$$

Donde A_d es la ganancia. La señal de salida no se ve afectada por cualquier señal común en ambas entradas. En un amplificador real, debido a que la salida no solo depende de la diferencial V_d de las entradas sino además del nivel medio V_c , así:

$$V_o = V_1 - V_2 \quad V_c = 1/2 (V_1 + V_2).$$

Para comprender mejor esta disposición, primero se estudian las dos señales de entrada por separado, y después combinadas. Como siempre la tensión diferencial $V_d = 0$ y la corriente de entrada en los terminales es cero.

Recordar que $V_d = V(+)-V(-) \implies V(-) = V(+)$
La tensión a la salida debida a V_1 la llamaremos V_{01}

$$V(+)=\frac{V_1}{R_1+R_2} \cdot R_2$$

La tensión de salida debida a V_1 (suponiendo $V_2 = 0$) valdrá:

$$V_{01}=\frac{V_1 \times R_2}{R_1+R_2} \cdot \frac{R_3+R_4}{R_3}$$

Suponiendo que $V_1 = 0$, la salida V_2 , utilizando la ecuación de la ganancia para el circuito inversor será:

$$V_{02}=-V_2 \frac{R_4}{R_3}$$

Que, aplicando el teorema de la superposición de la tensión de salida $V_0 = V_{01} + V_{02}$ y haciendo $R_3 = R_1$ y $R_4 = R_2$ tendremos que:

$$V_{01} = \frac{V_1 \cdot R_2}{R_1} \cdot V_{02} = -V_2 \frac{R_2}{R_1}$$

En conclusión:

$$V_0 = (V_1 - V_2) \cdot \frac{R_2}{R_1}$$

y la ganancia de la etapa para señales en modo diferencial es:

$$\frac{V_0}{V_1 - V_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Esta configuración es única porque rechaza una señal común a ambas entradas. Esto se conoce como la propiedad de, tensión de entrada diferencial nula, es decir, en el caso de que las señales V_1 y V_2 sean idénticas, el análisis es sencillo, V_1 se dividirá entre R_1 y R_2 , apareciendo una menor tensión $V(+)$ en R_2 .

Debido a la ganancia infinita del amplificador y a la tensión de entrada diferencial cero, una tensión igual $V(-)$ debe aparecer en el nudo suma (-). Puesto que la red de resistencias R_3 y R_4 es igual a la red R_1 y R_2 , y se aplica la misma tensión a ambos terminales de entrada, se concluye que V_0 debe estar a potencial nulo para que $V(-)$ se mantenga igual a $V(+)$; V_0 estará al mismo potencial que R_2 , el cual, de hecho está a masa. Esta muy útil propiedad del amplificador diferencial, puede utilizarse para discriminar componentes de ruido en modo común no deseables, mientras que se amplifican las señales que aparecen de forma diferencial. Si se cumple la relación.

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_4}{R_3}$$

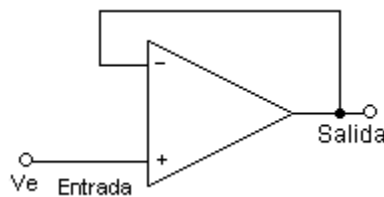
Puesto que, por definición, el amplificador no tiene ganancia cuando se aplican señales iguales en ambas entradas, la ganancia para señales en modo común es cero.

Las impedancias de las dos entradas de etapa son distintas. Para la entrada no inversora (+), la impedancia de entrada es $R_1 + R_2$. La impedancia para la entrada inversora (-) es R_3 . La impedancia de entrada diferencial (para una fuente flotante) es la impedancia entre las entradas, es decir, $R_1 + R_3$.

SEGUIDOR DE TENSIÓN.

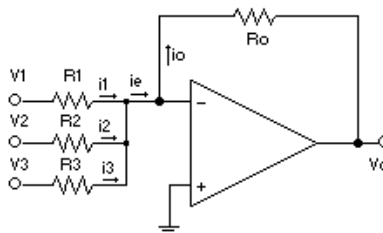
Un seguidor de voltaje (también llamado amplificador buffer, amplificador de ganancia unitaria o amplificador de aislamiento) es un circuito amplificador operacional que tiene una ganancia de voltaje de 1

Esto significa que el amplificador operacional no proporciona ninguna amplificación a la señal. La razón por la que se llama un seguidor de tensión es porque el voltaje de salida sigue directamente el voltaje de entrada, significando que el voltaje de salida es igual que el voltaje de entrada. Así, por ejemplo, si 10V entra en el amplificador operacional como entrada, 10V sale como salida. Un seguidor de voltaje actúa como un buffer, no proporcionando ninguna amplificación o atenuación a la señal.



EL SUMADOR INVERSOR.

El sumador inversor, es una aplicación práctica de la característica de tierra virtual en el nudo suma, en la entrada V(-) del amplificador inversor. Este es de los circuitos que probablemente sea el más utilizado, el amplificador sumador. En el sumador inversor, la suma algebraica de las tensiones de cada entrada multiplicado por el factor de ganancia constante, se obtiene en la salida.



En este circuito, como en el amplificador inversor, la tensión V(+) está conectada a masa, por lo que la tensión V(-) estará a una masa virtual, y como la impedancia de entrada es infinita toda la corriente circulará a través de Ro y la llamaremos Io. Lo que ocurre en este caso es que la corriente Ie es la suma algebraica de las corrientes proporcionadas por V1, V2 y V3, es decir:

$$i_e = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} ; \quad i_o = \frac{V_o}{R_o}$$

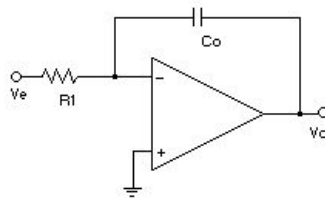
En conclusión:

$$i_o = - \left(V_1 \times \frac{V_o}{R_1} + V_2 \times \frac{V_o}{R_2} + V_3 \times \frac{V_o}{R_3} \right)$$

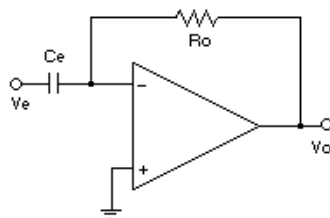
La ganancia global del circuito la establece la R_o , que, en este sentido, se comporta como en el amplificador inversor básico. La parte más interesante de esta configuración es el hecho de que la mezcla de señales lineales de entrada, no produce interacción entre las entradas, puesto que todas las fuentes de señal alimentan el punto de tierra virtual. El circuito puede admitir cualquier número de entradas.

AMPLIFICADOR INTEGRADOR.

Una modificación del amplificador inversor, es el integrador, mostrado en la figura, se aprovecha de esta característica. Se aplica una tensión de entrada V_e , a R_1 , lo que da lugar a una corriente i_e . Como ocurría con el amplificador inversor, $V(-) = 0$, puesto que $V(+) = 0$ que, por tener impedancia infinita toda la corriente de entrada i_e pasa hacia el condensador C_o , a esta corriente la llamamos i_o .



Se ha visto que ambas configuraciones básicas del AO actúan para mantener constantemente la corriente de realimentación, i_o igual a i_e .

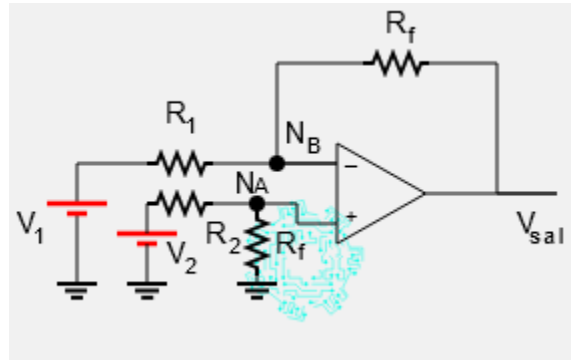


El elemento realimentador en el integrador es el condensador C_o . Por consiguiente, la corriente constante i_o , en C_o da lugar a una rampa lineal de tensión. La tensión de salida es, por tanto, la integral de la corriente de entrada, que es forzada a cargar C_o por el lazo de realimentación.

Entre las múltiples aplicaciones que tiene el amplificador operacional, es de gran importancia la del computador analógico, lo cual, consiste en la implementación y solución de sistemas de ecuaciones lineales además de la solución de ecuaciones diferenciales de cualquier orden.

AMPLIFICADOR DIFERENCIADOR.

Otra modificación del amplificador inversor, que también aprovecha la corriente en un condensador es el diferenciador o derivador mostrado en la figura. En el que, 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, es la razón por la cual es poco utilizado.



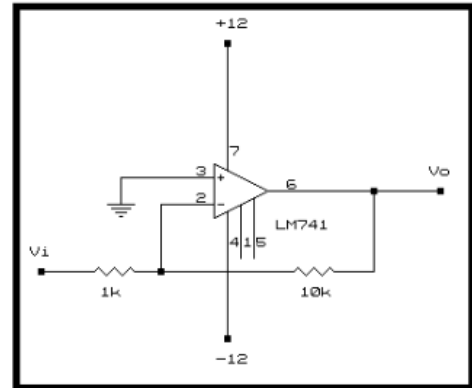
Desarrollo experimental

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.

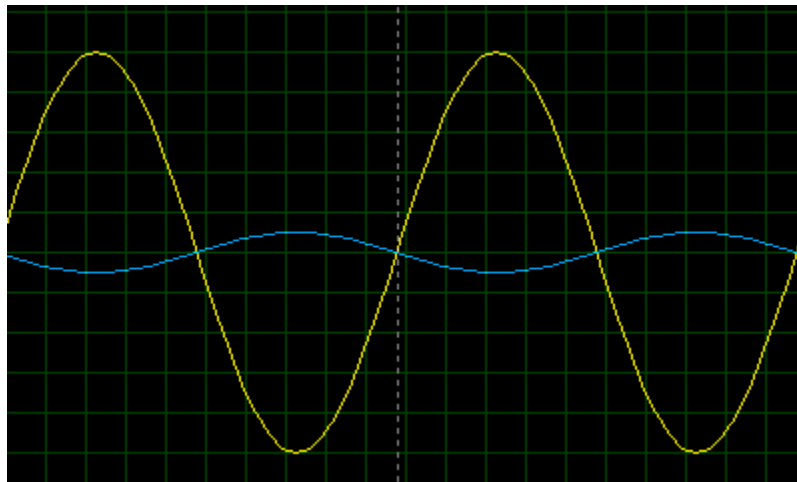
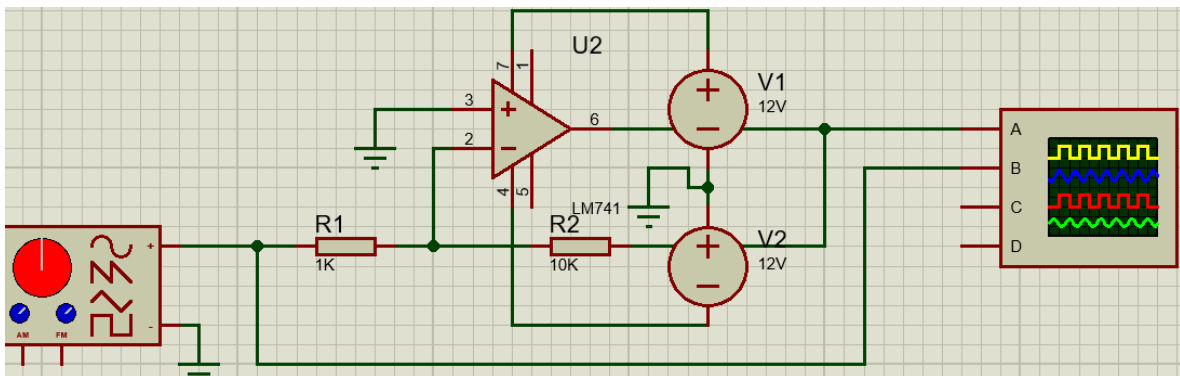


V/div canal 1 = 1 V

V/div canal 2 = 1 V

mseg / div = 0.1 ms

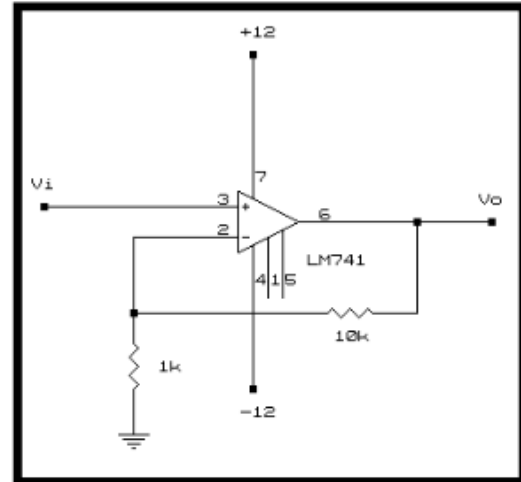
	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	500 mV	5 V	-10 V
Practico	500 mV	5 V	10 v



AMPLIFICADOR NO INVERSOR

Conecte según la configuración siguiente.

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.



V/div canal 1 = 1 V

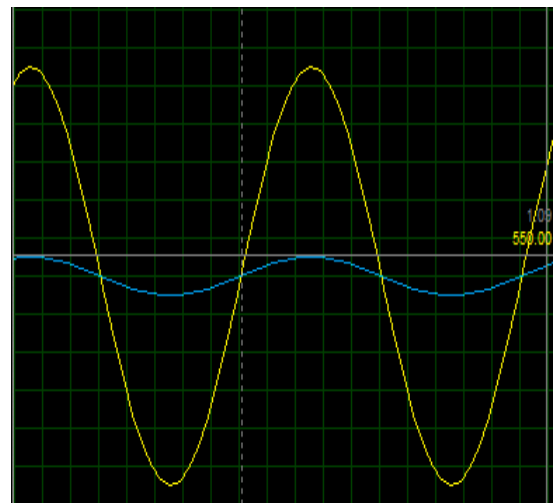
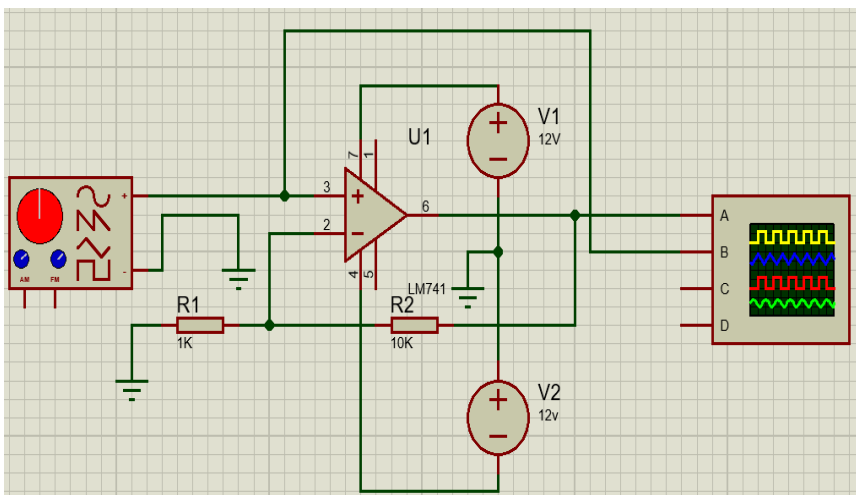
V/div canal 2 = 1 V

mseg / div = 0.1 ms

	Entrada	Salida	Ganancia
Teórico	500mV	5.5 V	11 V
Practico	500 mV	5.50 V	11 V

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

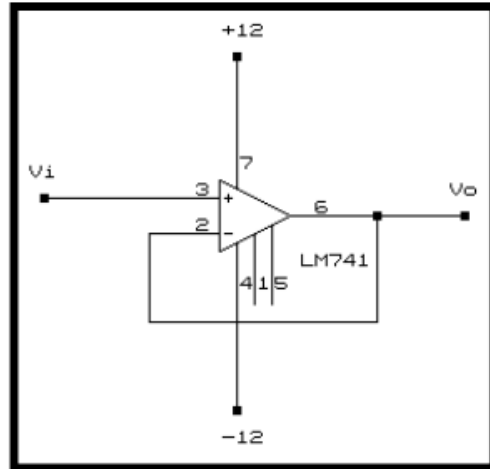
Vsat(+)	Vsat(-)
11 V	-11 v



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.

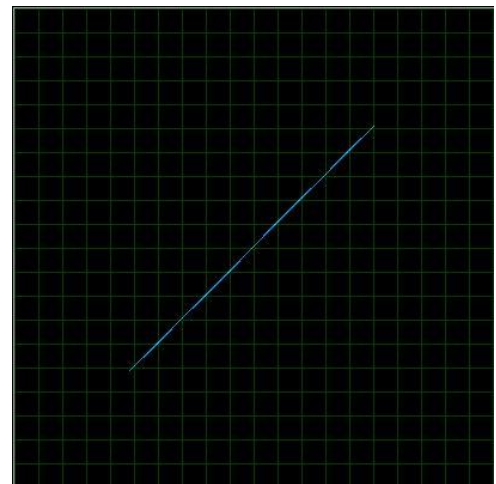
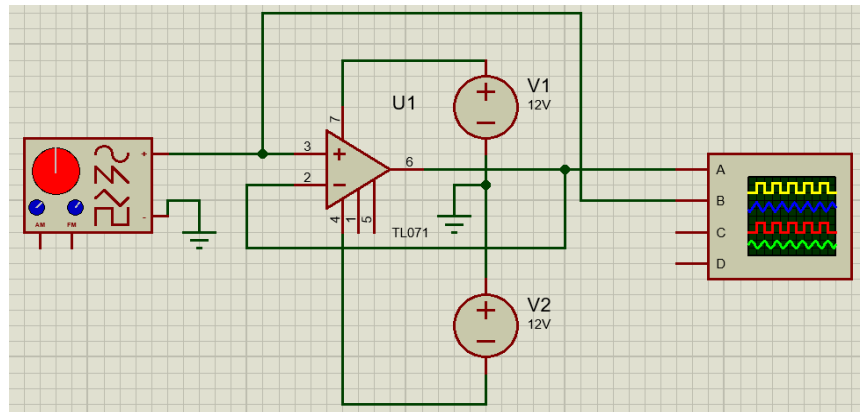
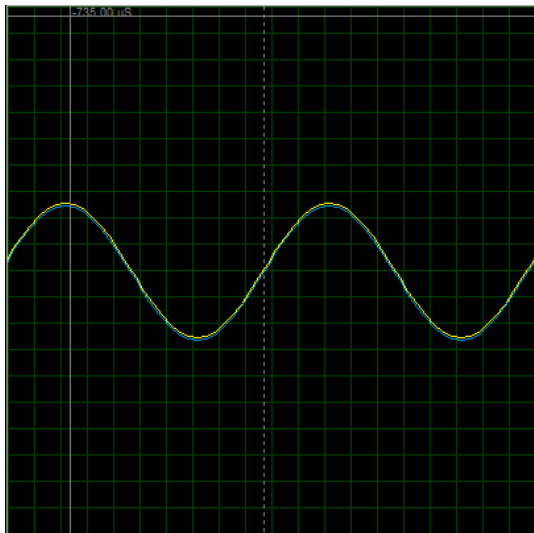


V/div canal 1 = 1 V

V/div canal 2 = 1 V

mseg / div = 0.1 ms

	Entrada	Salida
Teórico	2.5 V	2.5 V
Practico	2.5 V	2.5 V

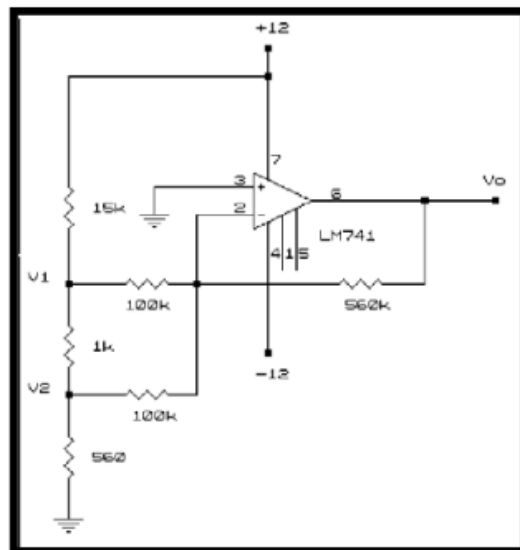


Con el arreglo del circuito anterior aplique una señal senoidal de 5 Vpp y una frecuencia de 1 kHz observando la grafica de transferencia en el osciloscopio en el modo X-Y, dibujándola a continuación.

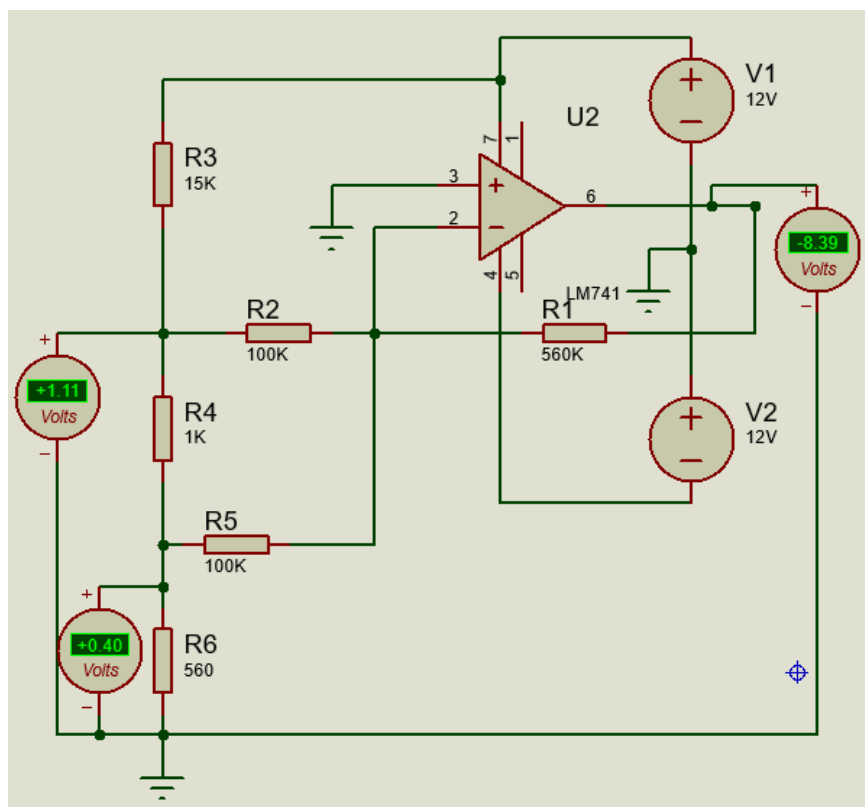
AMPLIFICADOR SUMADOR.

Construya el circuito siguiente

Medir los diferentes voltajes de entrada (V_1 y V_2) y el voltaje de salida (V_0) 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.



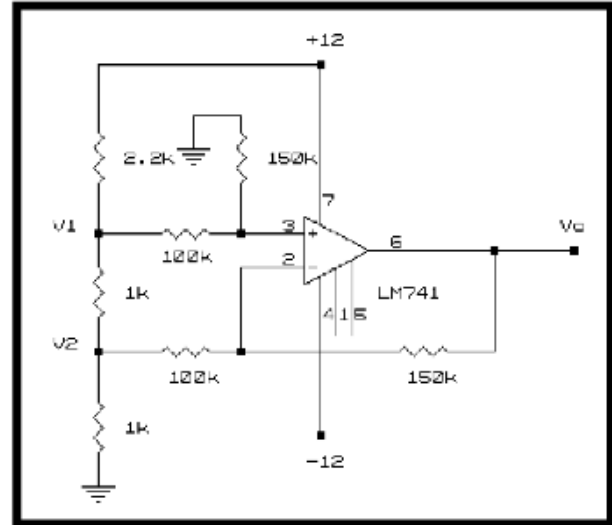
	V1	V2	V0
Teórico	1.13 V	0.40 V	-8.56 V
Practico	1.11 V	0.40 V	-8.39 V



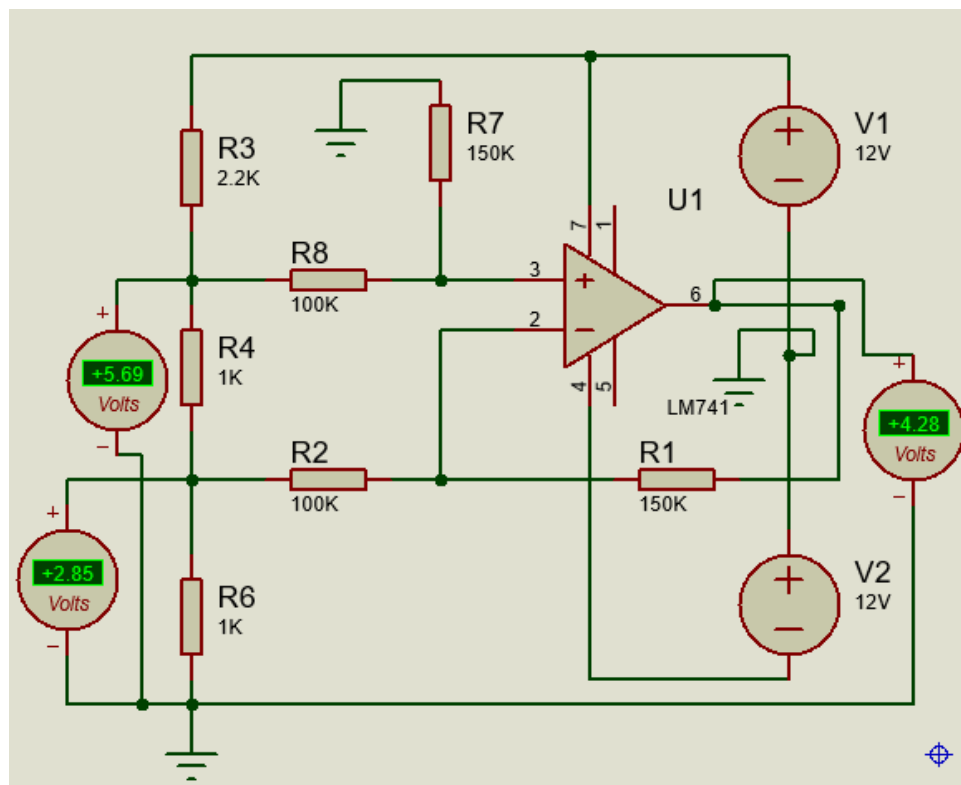
AMPLIFICADOR SUSTRACTOR.

Construya el circuito siguiente::

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	5.71 V	2.85 V	4.29 V
Practico	5.69 V	2.85 V	4.28 V



INTEGRADOR

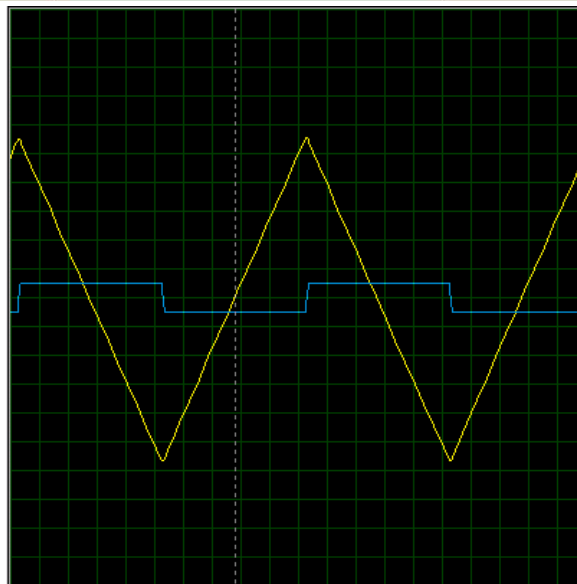
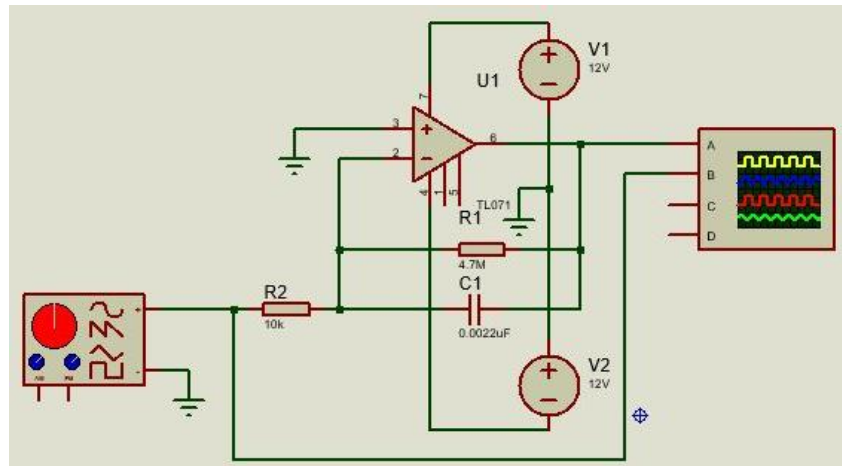
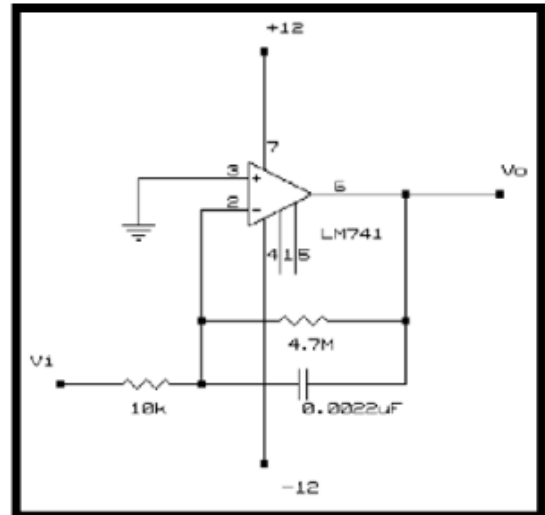
Construya la configuración de un integrador como se muestra en la siguiente figura e introduzca en el voltaje de entrada una señal cuadrada de 1 Vpp a 1 KHz.y mida la señal en el canal 1 y en el canal 2 coloque la señal de salida.

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

V/div canal 1 = 1 V

V/div canal 2 = 1 V

mseg / div = 0.1 ms



DERIVADOR

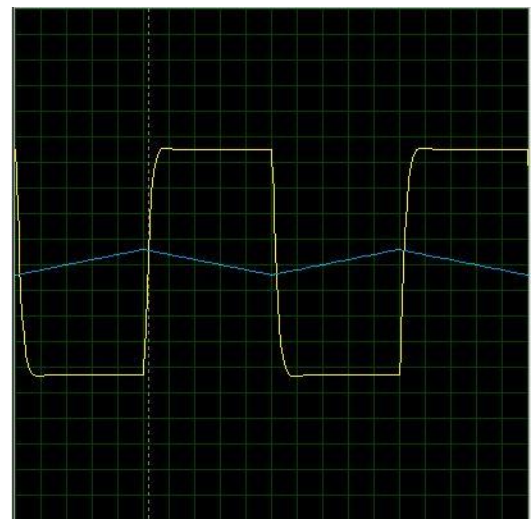
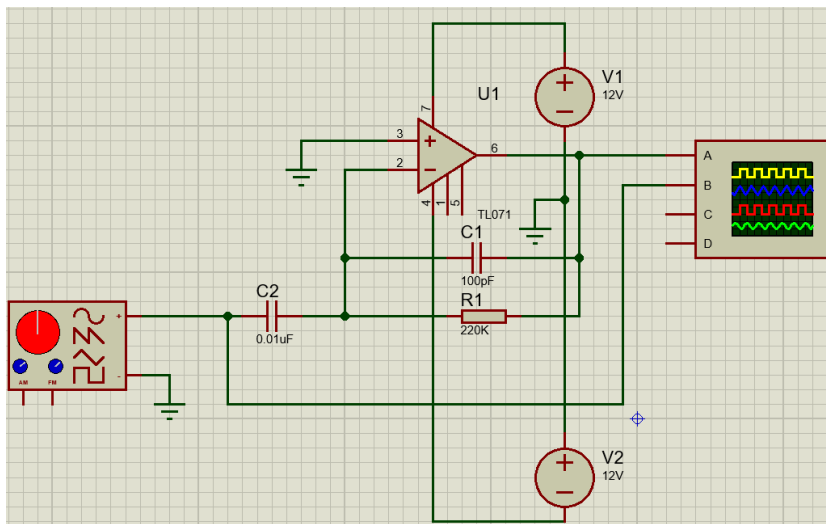
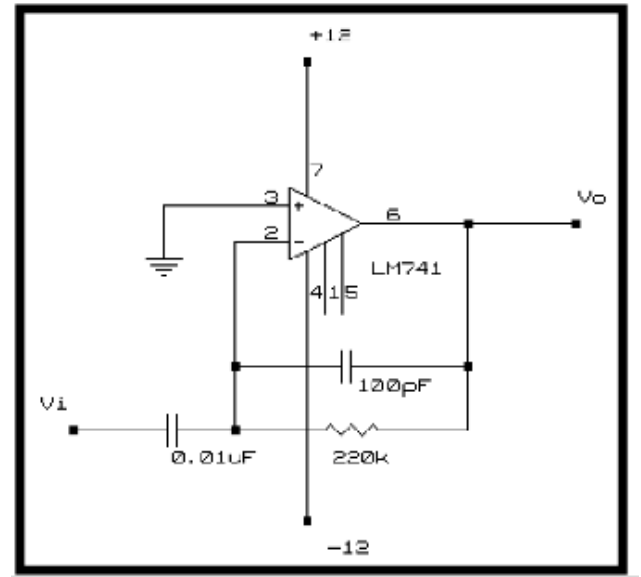
Construya el circuito de la siguiente figura.

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.

V/div canal 1 = 1 V

V/div canal 2 = 1 V

mseg / div = 0.1 ms



Cálculos

Amplificador inversor

$$\text{Ganancia} = A_v = \frac{R_f}{R_i} = \frac{-10K}{1K} = -10$$

$$V_o = V_i * A_v = (0.5 V)(-10) = -5V$$

Amplificador no inversor

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{R_i} = 1 + \frac{10K}{1K} = 11$$

$$V_o = V_i * A_v = (0.5 V)(11) = 5.5V$$

Seguidor de voltaje

$$V_o = V_i = 2.5V$$

Amplificador sumador.

Por divisor de voltaje:

$$V_1 = \frac{(12V)(1K\Omega + 560\Omega)}{15K\Omega + 1K\Omega + 560\Omega} = 1.13V$$

$$V_2 = \frac{(12V)(560\Omega)}{15K\Omega + 1K\Omega + 560\Omega} = 0.40V$$

El voltaje de salida es:

$$V_o = \frac{-R_f}{R_1} (V_1 + V_2) = \frac{-560k}{100k} (1.13 + .40) = -8.56 V$$

Amplificador sustractor.

Por divisor de voltaje:

$$V_1 = \frac{(12V)(1K\Omega)}{12.2K\Omega + 1K\Omega + 1K\Omega} = 2.85V$$

$$V_2 = \frac{(12V)(1K\Omega + 1k\Omega)}{2.2K\Omega + 1K\Omega + 1K\Omega} = 5.71V$$

El voltaje de salida es:

$$V_o = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1) = \frac{150k}{100k}(5.71 - 2.85) = 4.29V$$

Integrador:

$$V_o = \frac{-V_i T}{R_i C} = \frac{(-0.5V)(0.5ms)}{(10k\Omega)(0.0022\mu F)} = -11.36V$$

Derivador:

$$V_o = -R_f C \frac{dV_i(t)}{dt} = -R_f C (pendiente) = (-220k\Omega)(.01\mu F) \left(\frac{1}{0.5ms} \right) = -4.4V$$

Cuestionario

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

Quiere decir que si inyectas una señal en la entrada con signo negativo la señal amplificada sale invertida, es decir que si aplicas una tensión positiva vas a tener a la salida una tensión negativa o viceversa.

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

Se debe a varios factores, como el voltaje de alimentación que recibe el amplificador operacional, el margen de error presente en los resistores usados, las impurezas en la composición del integrado que generan ruido, y desde luego las pequeñas pérdidas de voltaje presentes en los instrumentos de medición.

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

Un amplificador operacional seguidor de voltaje hace que la salida siga a la entrada es decir el voltaje de salida es el mismo voltaje de entrada. Al presentar una alta impedancia de entrada se garantiza una baja potencia de entrada que a su vez garantiza que la señal de entrada no se distorsionara al conectarse al pin no inversor y además que la señal de entrada quedara en su totalidad en la impedancia de entrada. Al presentar una muy baja impedancia de salida se garantiza que haya una transferencia total de potencia a la RL de salida. Por esta razón también se le conoce como buffer y se usa para acoplar impedancias.

- 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

Sirve para limitar la ganancia cuando se aplica a la entrada tensión continua o frecuencias muy bajas, si se aplica tensión continua al integrador, la tensión de salida crece linealmente, teóricamente hasta el infinito, si no se saturara, sin embargo, añadiendo una resistencia en paralelo con el condensador integrador, la ganancia se limita al valor que determina dicha resistencia (R_f) y la de entrada (R_i) ya que como sabe $G = R_f / R_i$, aumentando la frecuencia, la función de integración empieza a actuar a una frecuencia $f = 1/R_f C$.

Conclusiones

Ramirez Benítez Brayan

Finalizada la práctica podemos definir al amplificador operacional como un dispositivo lineal de propósito general el cual tiene capacidad de manejo de señales normales o definidas por fabricantes estas pueden ser manejadas por configuraciones básicas de un amplificador operacional o por medio de Operaciones lógicas básicas, además el uso de los amplificadores operacionales en sistemas de control es básico, así que es vital conocer las configuraciones de las operaciones en los amplificadores. Toda configuración da una salida diferente, por ello es que como ingenieros aprendamos a conocer los amplificadores operacionales

Chávez López Oliver Omar

En esta práctica se comprobaron varios de los usos que puede tener un amplificador operacional dentro de un circuito. Otorga mucha flexibilidad dado a que puede amplificar un voltaje de entrada simplemente ajustando el valor de las resistencias, y se puede decidir si invertir el voltaje o mantenerlo como la entrada, todo esto de una forma eficiente y estable.

Referencias

- https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/electronica/amplificador-operacional/#amplificador_operacional_integrador
- BOYLESTAD, R. L. (s.f.). *Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos*. PEARSON.
- R Boylestad, R. y L. Nashelsky. *Electrónica: Teoría De Circuitos Y Dispositivos Electrónicos*. 10th ed. México: PEARSON, 2009.
- T. Floyd. *Dispositivos electrónicos*. 8th ed. México: Pearson Educación, 2008.
- R. Coughlin y F. Driscoll. *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*. 4ta ed. México: Prentice-Hall, 1993.