

***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](#_Toc70250328)

[Aplicaciones de los Amplificadores operacionales 3](#_Toc70250329)

[Configuración inversora 5](#_Toc70250330)

[Configuración no inversora 5](#_Toc70250331)

[Configuración de seguidor de voltaje 6](#_Toc70250332)

[Configuración de sumador 6](#_Toc70250333)

[Configuración de sustractor 7](#_Toc70250334)

[Configuración de Integrador 7](#_Toc70250335)

[Configuración de Derivador 8](#_Toc70250336)

[MATERIAL 9](#_Toc70250337)

[EQUIPO 9](#_Toc70250338)

[OBJETIVO 10](#_Toc70250339)

[DESARROLLO EXPERIMENTAL 11](#_Toc70250340)

[AMPLIFICADOR INVERSOR 11](#_Toc70250341)

[11](#_Toc70250342)

[AMPLIFICADOR NO INVERSOR 12](#_Toc70250343)

[12](#_Toc70250344)

[13](#_Toc70250345)

[SEGUIDOR DE VOLTAJE 13](#_Toc70250346)

[AMPLIFICADOR SUMADOR A continuación, arme el siguiente circuito 15](#_Toc70250347)

[AMPLIFICADOR SUSTRACTOR 15](#_Toc70250348)

[INTEGRADOR 16](#_Toc70250349)

[16](#_Toc70250350)

[DERIVADOR 17](#_Toc70250351)

[17](#_Toc70250352)

[17](#_Toc70250353)

[17](#_Toc70250354)

[ANALISIS TEORICO 18](#_Toc70250355)

[18](#_Toc70250356)

[ANALISIS SIMULADO 19](#_Toc70250357)

[19](#_Toc70250358)

[20](#_Toc70250359)

[20](#_Toc70250360)

[COMPARACIÓN DE LOS ANALISIS TEORICOS Y PRACTICOS 23](#_Toc70250361)

[CUESTIONARIO 24](#_Toc70250362)

[CONCLUSIONES 25](#_Toc70250363)

[BOCANEGRA HEZIQUIO YESTLANEZI 25](#_Toc70250364)

[MARTINEZ CRUZ JOSÉ ANTONIO 25](#_Toc70250365)

[Bibliografía 26](#_Toc70250366)

[Circuito 1 Amplificador Inversor 11](#_Toc70107775)

[Circuito 2 Amplificador no inversor 12](#_Toc70107776)

[Circuito 3 Seguidor de voltaje 13](#_Toc70107777)

[Circuito 5 Amplificador sustractor 15](#_Toc70107778)

[Circuito 6 Integrador 16](#_Toc70107779)

[Circuito 7 Derivador 17](#_Toc70107780)

[Simulación 1 Circuito amplificador inversor 11](#_Toc70107790)

[Simulación 2 Circuito Amplificador no inversor 12](#_Toc70107791)

[Simulación 3 Circuito Seguidor de Voltaje 14](#_Toc70107792)

[Simulación 4 Señal Senoidal 14](#_Toc70107793)

[Simulación 5 Integrador 16](#_Toc70107794)

[Simulación 6 Circuito Derivador 17](#_Toc70107795)

[Simulación 7 Circuito de amplificacor inversor 19](#_Toc70107796)

[Simulación 8 Circuito Amplificador no inversor 19](#_Toc70107797)

[Simulación 9 Circuito Seguidor de Voltaje 20](#_Toc70107798)

[Simulación 10 Amplificador Sumador 20](#_Toc70107799)

[Simulación 11 Amplificador sustractor 21](#_Toc70107800)

[Simulación 12 Circuito integrador 21](#_Toc70107801)

[Simulación 13 Circuito Derivador 22](#_Toc70107802)

[Tabla 1 Calculos Amplificador Inversor 12](#_Toc70110078)

[Tabla 2 Calculos Amplificador no inversor 13](#_Toc70110079)

[Tabla 3 Calculos seguidor de voltaje 14](#_Toc70110080)

[Tabla 4 Calculos Amplificador Sumador 15](#_Toc70110081)

[Tabla 5 Calculos Amplificador Sustracto 15](#_Toc70110082)

[Tabla 6 Ejemplo de comparación 23](#_Toc70110083)

# 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].

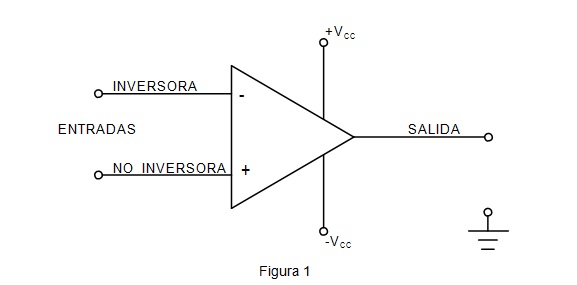
Las características del AO ideal son:

* Ganancia de tensión en lazo abierto (A0) infinita.
* Impedancia de entrada (Ze) infinita.
* Impedancia de salida (Zs) 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.

Interfaz de usuario gráfica, Texto, Aplicación

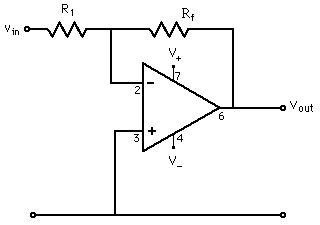
Descripción generada automáticamente

## Configuración inversora

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

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/ietron/inva.gif

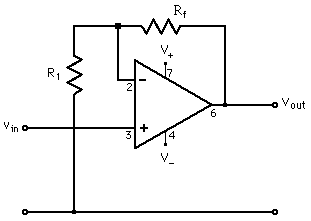
Para resistencias iguales, tiene una ganancia de -1, y se usa en los circuitos digitales como [buffer inversor](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/buffer.html#c4).



## Configuración no inversora

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

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/ietron/ninva.gif



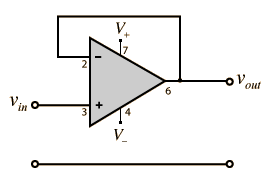
## Configuración de seguidor de voltaje

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

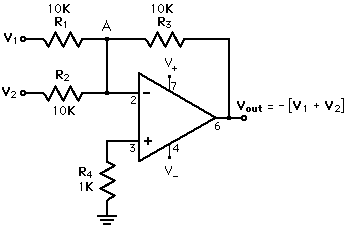
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/ietron/volf.gif

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](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/opamp.html#c1) se pueden determinar aplicando las "[reglas de oro](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/opampi.html#c2)". En un [amplificador sumador](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/opampvar5.html#c1), por la [regla de la corriente](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/opampi.html#c2), la entrada no invertida es una tierra virtual. Luego la corriente en el punto A debe ser cero. Esto requiere

http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/ietron/summa2.gif

De aquí

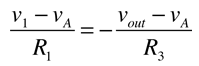
http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/ietron/summa3.gif

## Configuración de sustractor

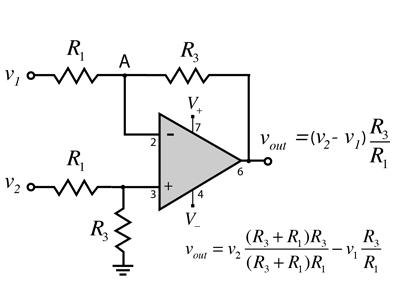
El voltaje en 3 está dado por



por lo tanto, por la [regla de voltaje](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/opampi.html#c2) ese voltaje aparece en A. La [regla de corriente](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Electronic/opampi.html#c2) en A da

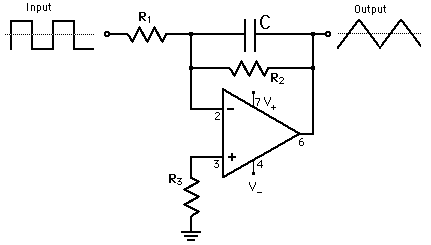
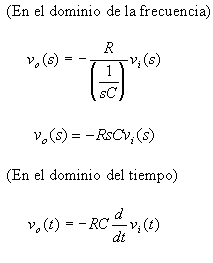


Por sustitución se obtiene la expresión de la derecha.



## Configuración de Integrador

La tensión de salida es proporcional a la derivada de la señal de entrada *vi* 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.

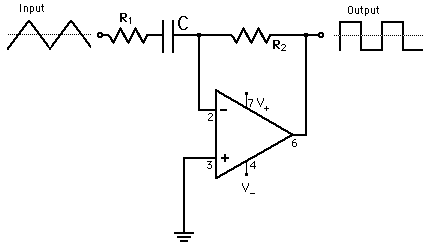
****

## 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.

**Forma

Descripción generada automáticamente con confianza baja**



# MATERIAL

1 Tablilla de experimentación PROTOBOARD. 4 TL071 o LM741 (Amplificador Operacional) 2 Resistencias de 560 a ¼ W.

6 Resistencias de 1K a ¼ W. 2 Resistencias de 2.2K a ¼ W 4 Resistencias de 10K a 1/4W 2 Resistencias de 15K a ¼ W

5 Resistencias de 100 K a ¼ W.

# EQUIPO

1 Fuente de alimentación dual + 12V y – 12V 1 Multímetro digital.

1. Generador de Funciones 10Hz-1MHz. 1 Osciloscopio de propósito general.
2. Resistencias de 150K a ¼ W 2 Resistencias de 220 K a ¼ W 2 Resistencias de 560K a ¼ W 2 Resistencias de 4.7 M a ¼ W 2 Capacitor de 0.01  F

2 Capacitor de 0.0022  F

1. Capacitor de 100 pF
2. 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

En todos los circuitos se empleará el amplificador operacional LM0741 con +- 12V de alimentación.



+12

7

3

+

6

Vo

2 -

LM741

1 5

1 k

10 k

4

-12

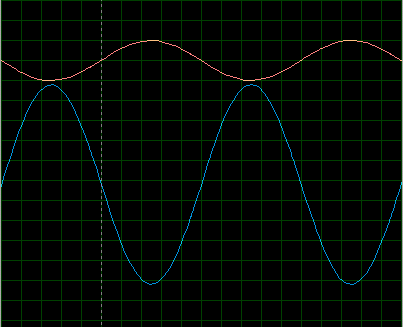
## AMPLIFICADOR INVERSOR

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 (Vi).

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.

Circuito 1 Amplificador Inversor



# 

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

Simulación 1 Circuito amplificador inversor

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:

Introduzca una señal senoidal con 1 Vpp a una frecuencia de 1 kHz en la entrada del circuito (Vi). 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.

# 



+12

7

3

+ 6

2 -

LM741

1 5

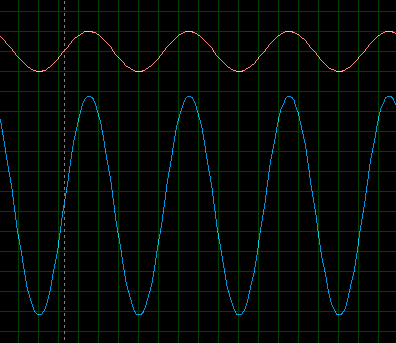
10 k

1 k

4

-12

Circuito 2 Amplificador no inversor



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

Simulación 2 Circuito Amplificador no inversor

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

Tabla 2 Calculos Amplificador no inversor

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

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

## 

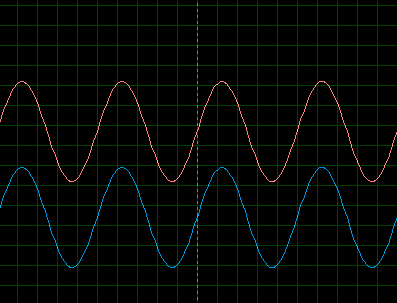
## SEGUIDOR DE VOLTAJE

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 (Vi). 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.

Circuito 3 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.



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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Entrada | Salida |
| Teórico | 5V | 5V |
| Practico | 5V | 5V |

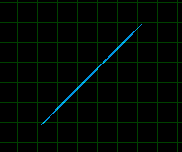
Simulación 3 Circuito Seguidor de Voltaje

5V/div canal 1 5V/div canal 2

0.2mseg/div

Tabla 3 Calculos seguidor de voltaje

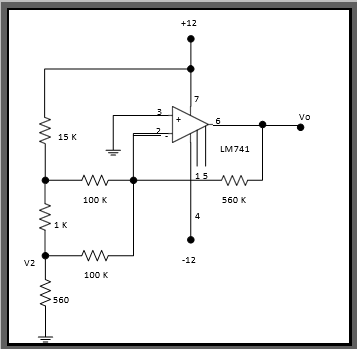
Con el arreglo del circuito anterior aplique una señal senoidal de 5 Vpp y una frecuencia de 1 kHz observando la gráfica de transferencia en el osciloscopio en el modo X-Y, dibujándola a continuación.



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

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

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.

Tabla 4 Calculos Amplificador Sumador

## AMPLIFICADOR SUSTRACTOR

A continuación, arme el siguiente circuito.



+12

2.2 K

150 K

7

3

+ 6

100 K

2 -

1 K

LM741

1 5

100 K

150 K

4

1 K

-12

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.

Circuito 4 Amplificador sustractor

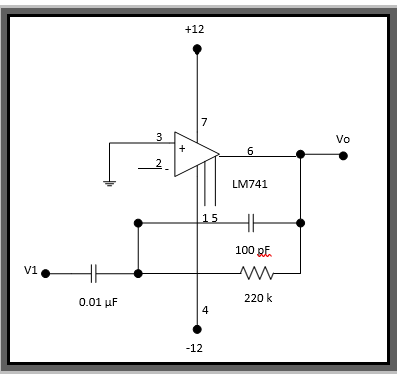
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | V1 | V2 | V0 |
| Teórico | 5.69V | 2.85V | 4.28V |
| Practico | 5.91V | 2.91V | 4.26 |

Tabla 5 Calculos Amplificador Sustracto

## 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

## 

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

Simulación 5 Integrador

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

## 

## 

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.

Simulación 6 Circuito Derivador

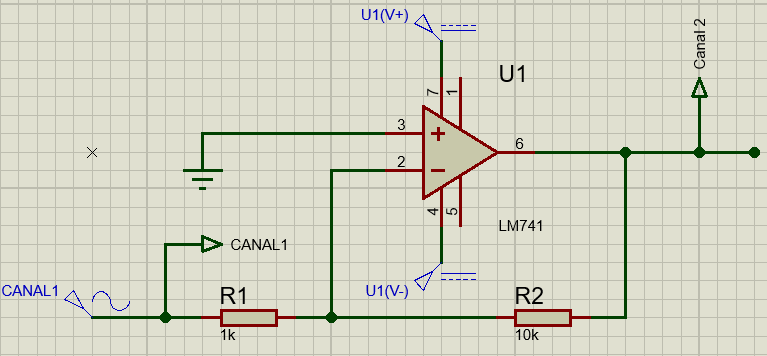
1V/div canal 1 2V/div canal 2

0.5mseg/div

# ANALISIS TEORICO

# 

# ANALISIS SIMULADO



Simulación 7 Circuito de amplificacor inversor

# 

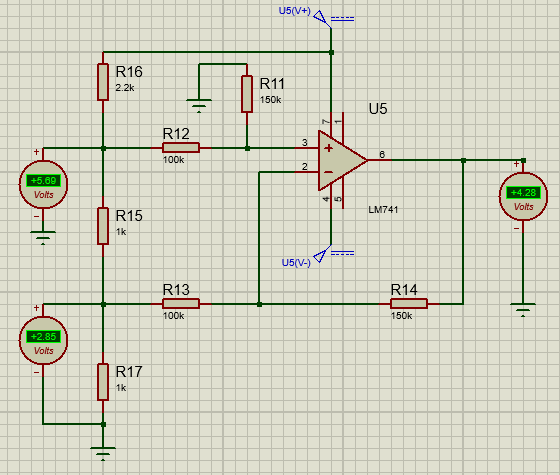
Simulación 8 Circuito Amplificador no inversor

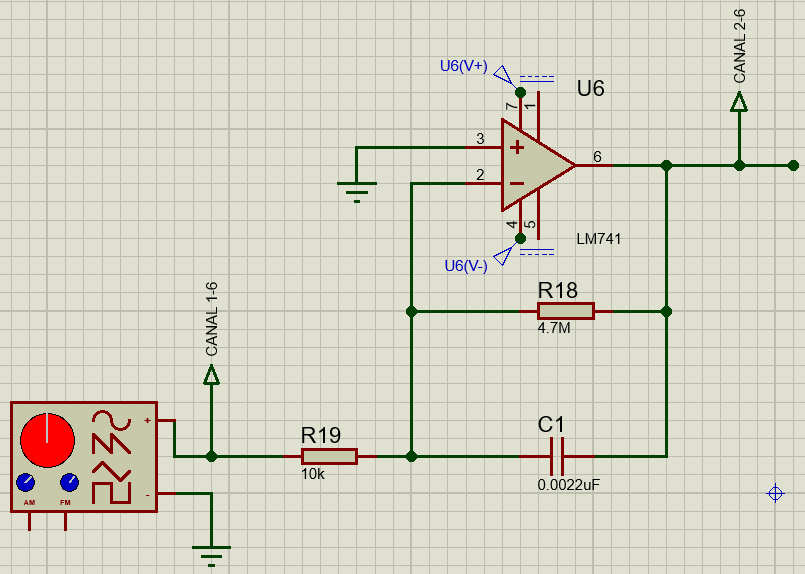
# 

Simulación 9 Circuito Seguidor de Voltaje

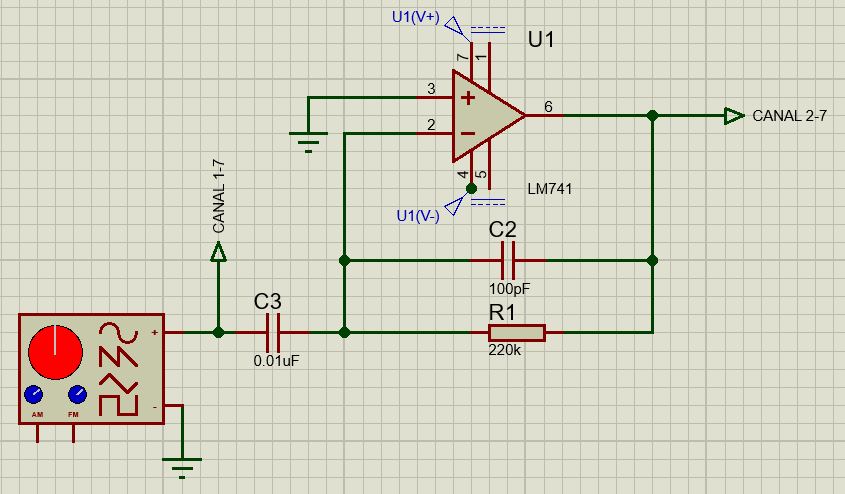
# 

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 sigo 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).

1. 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.

1. ¿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".

1. 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 HEZIQUIO 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 se 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 que tan amplitud 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. |