

CIRCUITOS LINEALES CON AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Juan José Restrepo Rosero, Manuel Alejandro Orejuela, David Alejandro Dorado

*Facultad de Ingeniería y Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana Cali
Santiago de Cali, Valle del Cauca*

juanjorestrepo@javerianacali.edu.co

manuelalejo@javerianacali.edu.co

alejodoradog@javerianacali.edu.co

Resumen-

Se realizó el diseño para comprobar el desempeño de circuitos con Op-amp como sumador, restador inversor y comparador; siendo configuraciones de Amplificadores Operacionales fundamentales para el diseño electrónico y para la comprensión de esquemas más complejos. De esta manera, se fueron analizando sus diferentes ganancias con base al diseño teórico para posteriormente, hacer el contraste con la práctica en el laboratorio.

Palabras clave— Ganancia, amplificador operacional, sumador, inversor, restador, comparador.

Abstract

The design was carried out to check the performance of circuits with Op-amp as adder, inverter subtractor and comparator, being configurations of Operational Amplifiers fundamental for the electronic design and for the understanding of more complex schemes. In this way, their different gains were analyzed based on the theoretical design to later make the contrast with the practice in the laboratory.

Keywords— Gain, operational amplifier, adder, inverter, subtractor, comparator

I. INTRODUCCIÓN

Debido a la evolución tecnológica y la expansión de nuevos requerimientos para los circuitos, se vió la necesidad de diseñar dispositivos con cientos de transistores que fueran más pequeños y livianos, con el fin de reemplazar circuitos estándar y tener la posibilidad de trabajar con sistemas más complejos. Es aquí, que surge el término de circuitos integrados, el cual describe a aquellos circuitos que se componen de menos de 60 elementos; un ejemplo de este tipo, es el amplificador operacional, un circuito integrado analógica que ha tenido una gran influencia en diferentes dispositivos que usamos en nuestra vida cotidiana [1].

II. OBJETIVOS

- Implementar y comprobar el desempeño de circuitos con Op-amp como sumador, restador, inversor y comparador.
- Verificar mediante simulación del circuito amplificador la ganancia obtenida.
- Comparar los resultados obtenidos en la práctica con los de simulación y la parte teórica.

• MARCO TEÓRICO

Los amplificadores operacionales, u Op-Amp, son un tipo de amplificadores diferenciales de muy alta ganancia, con alta impedancia de entrada y baja impedancia de salida. Los usos típicos del amplificador operacional son proporcionar cambios en la amplitud del voltaje (amplitud y polaridad), en osciladores, en circuitos de filtrado y en muchos tipos de circuitos de instrumentación. Por otro lado, el circuito básico de una amplificador operacional se construye utilizando la configuración de modo diferencial de dos entradas (positiva y negativa) y por lo menos una negativa. [2]

La configuración inversora, como su nombre lo indica, tiene como función invertir la señal de entrada. En el caso del amplificador sumador, su objetivo es combinar varias señales de entrada que pueden ser adaptadas a una predeterminada regla de combinación como en un mezclador de audio.

IV. DISEÑO Y SIMULACIONES

Amplificador inversor

Debe tener una ganancia de:

$$A = -5$$

Por lo cual, se establecen los siguientes valores de resistencias:

$$R_f = 10k \Omega$$

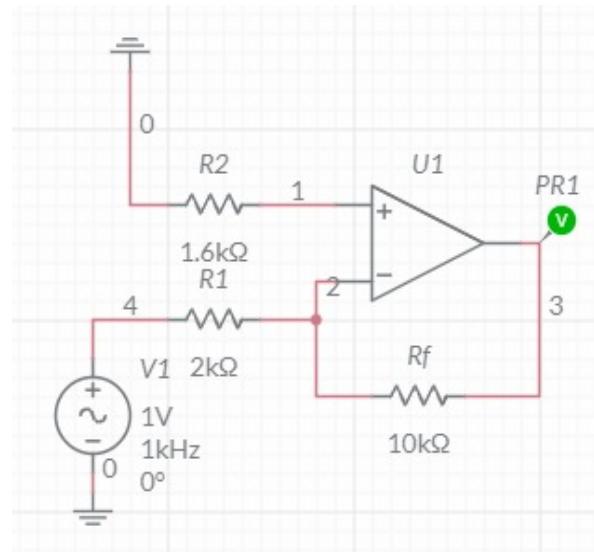
$$R_1 = 2k \Omega$$

$$R_2 = R_1 // R_f = 1.6k \Omega$$

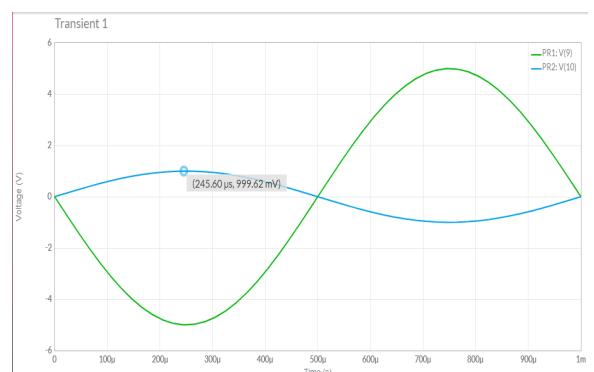
Teniendo así, con base a la ecuación de ganancia:

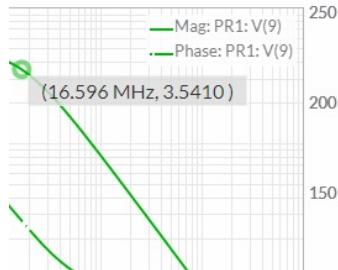
$$A = \frac{-R_f}{R_1} = -5$$

Ahora bien, se construye el circuito del amplificador inversor, en donde se le introduce una señal de 1V a la entrada inversora:



Finalmente, se tiene una gráfica de la salida de voltaje V_o (verde) vs V_{in} (azul), en donde se puede apreciar que la salida es invertida y amplificada por 5 (-5V) y su respectivo ancho de banda de unos 16.596 MHz





Amplificador sumador

Debe tener una ganancia de:

$$A = -1.5$$

Por lo cual, se establecen los siguientes valores de resistencias:

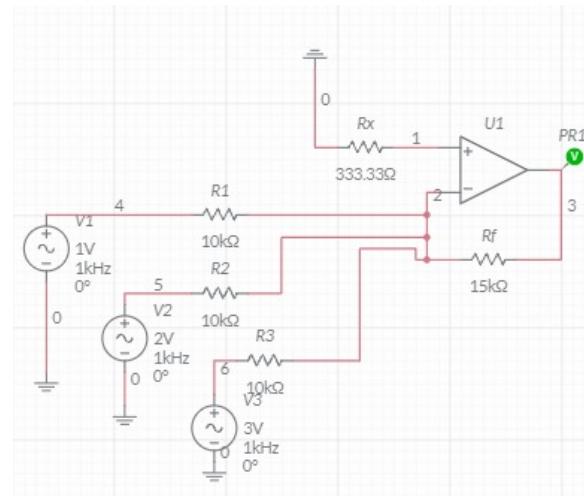
$$R_1 = R_2 = R_3 = R = 10k\Omega$$

$$R_f = 15k\Omega$$

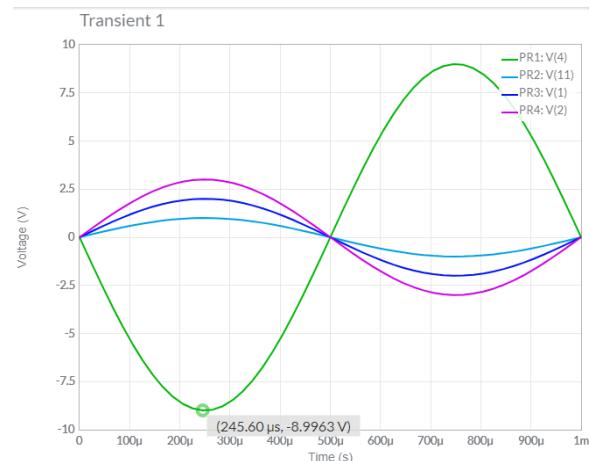
Teniendo así, con base a la ecuación de ganancia:

$$A = \frac{-R_f}{R_1} = -1.5$$

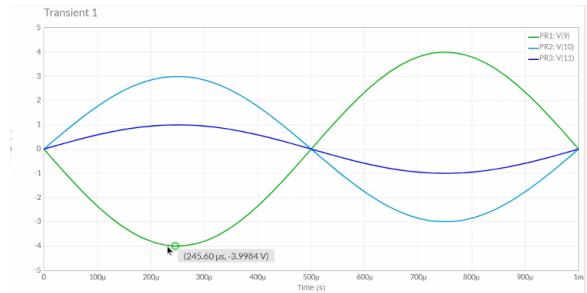
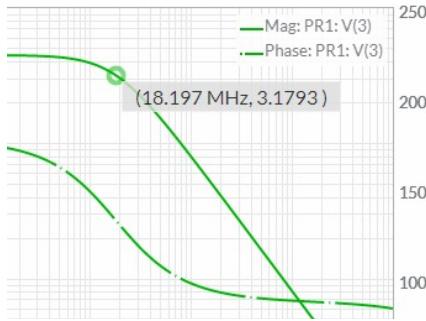
Ahora, construyendo el circuito de amplificador sumador, con tres entradas de 1V, 2V y 3V en la entrada inversora, para un total de 6V.



Por último, se tiene una gráfica de la salida de voltaje V_o (verde), en donde se puede apreciar que la salida es invertida y amplificada por 1.5 (9V).



Además, se sacó el ancho de banda de esta señal amplificada, el cual terminó siendo de unos 18.197 MHz, como se muestra en la siguiente gráfica de la simulación:



Amplificador restador (diferencial)

Debe tener una ganancia de:

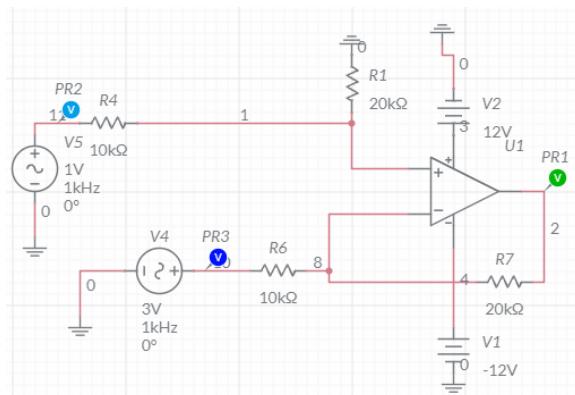
$$A = 2$$

Por lo cual, se establecen los siguientes valores de resistencias:

$$R_1 = 10k \Omega$$

$$R_2 = 20k \Omega$$

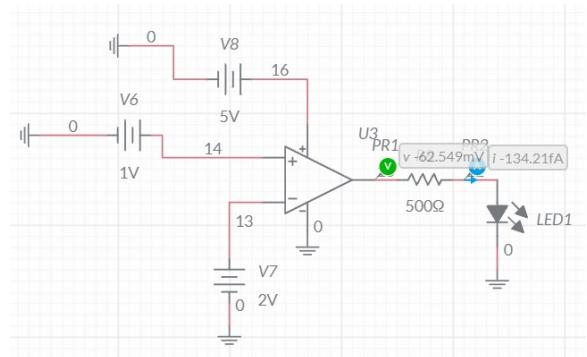
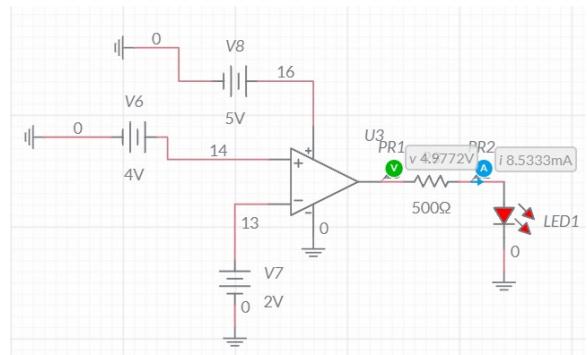
Por lo que el circuito de amplificador diferencial queda la siguiente forma:



Y es así como se termina obteniendo la resta entre las dos señales de entrada, amplificada por dos, como se muestra en la siguiente gráfica:

Amplificador comparador

Se solicitó diseñar un sistema de alarma usando un amplificador en modo comparador, en el cual se comparará la magnitud de la entrada, teniendo en cuenta que si esta supera los 5V, se accionará una alarma sonora o visual, de lo contrario, dicha alerta será apagada.



sonora o visual, de lo contrario, dicha alerta será apagada

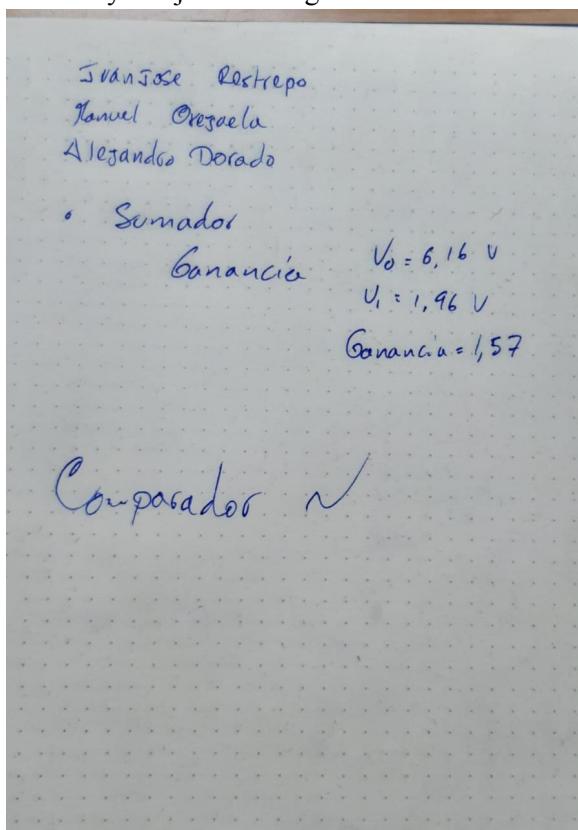
VI. RESULTADOS PRÁCTICA DE LABORATORIO

Materiales para la práctica en el laboratorio

A continuación se presentan los elementos y herramientas que fueron usados para realizar la práctica de laboratorio. Luego, veremos una pequeña descripción de cómo se desarrolló la práctica, por último, haremos el análisis de los resultados.

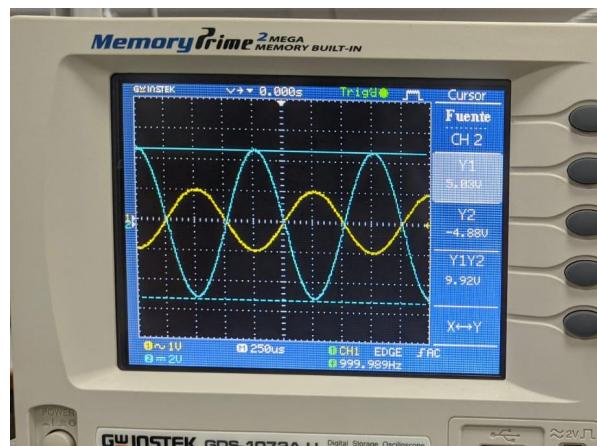
- Generador de señal
- Osciloscopio
- Protoboard
- Fuente DC
- Resistencias
- Amplificadores Operacionales
- Condensadores
- Orcad Pspice

La práctica de laboratorio se llevó a cabo en dos sesiones y arrojaron los siguientes resultados.



Inversor

Para el inversor, los resultados del osciloscopio fueron los plasmados en la siguiente imagen:



Como se puede ver, la señal de entrada tiene un valor pico de 5 voltios, y se encuentra desfasado 180 grados, es decir que tiene una ganancia negativa, como se pedía inicialmente.

Por lo tanto, el montaje práctico fue exitoso y su salida fue muy parecida a la de la simulación.

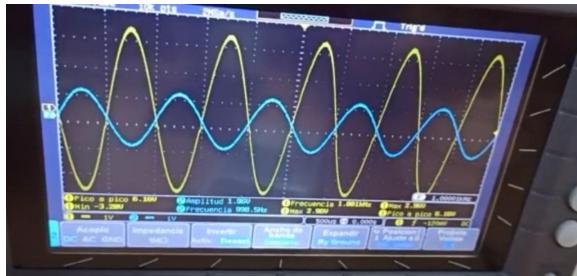
Valores	Práctica	Simulación	Teoría
$V_o (\text{V})$	-5,03	-4,997	-5
Ganancia	-5,03	-4,997	-5
$V_{in} (\text{V})$	1	1	1

Teniendo en cuenta los datos de la tabla anterior. Los respectivos porcentajes de error para simulación y montaje práctico fueron:

Simulación	Práctica
0,60%	0,006%

De modo que, tanto montaje práctico como simulado, fueron sumamente aproximados a las exigencias y el diseño es adecuado.

Sumador

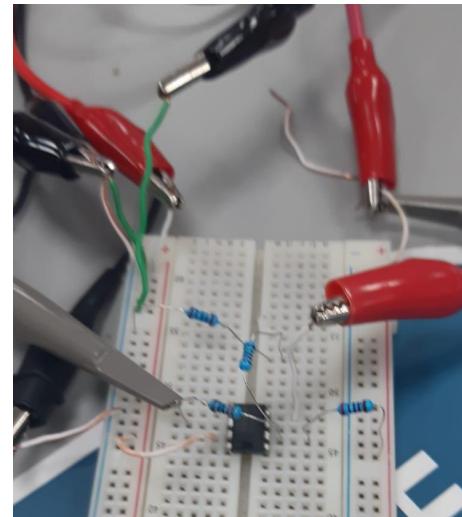


En esta imagen, se pueden apreciar las dos señales de entrada y salida (azul y amarilla respectivamente) del amplificador operacional en configuración sumador. Los valores prácticos que arroja la gráfica del osciloscopio son:

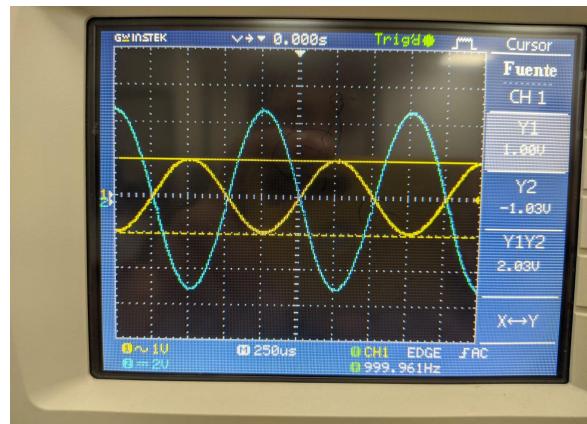
$$V_o = 6.16 \text{ V}$$

$$V_i = 1.96 \text{ V}$$

$$\text{Ganancia} = 1.57$$



Luego, los resultados en el osciloscopio fueron:



Teniendo en cuenta los valores prácticos, teóricos y simulados, se hicieron las respectivas comparaciones, tomando a la teoría como el valor real, como se muestra en la siguiente tabla

Valores	Teoría	Práctica	Simulación	Porcentaje Error Teoría vs Práctica
$V_o(\text{V})$	6	6.16	5.9976	2.66%
$V_i(\text{V})$	4	3.92	4	2%
Ganancia	1.5	1.57	1.4994	4.66%

Al sacar los porcentajes de error, se puede notar que el diseño práctico y simulado en comparación con lo planteado a nivel teórico es correcto, debido a que se terminaron obteniendo errores muy mínimos, inferiores al 5%

Diferencial

En ese orden de ideas, se realizó el montaje el amplificador diferencial haciendo uso de un opamp, de la siguiente manera

En este caso, la señal en amarillo, es una de las señales. Como se vio anteriormente en el apartado de simulación, se deben tener dos entradas de voltaje que se restará una de la otra, en este caso la señal amarilla es de un voltio, y se le restará a otra señal de 3 voltios.

El resultado de esa diferencia es dos voltios, y la ganancia debe ser de dos. En la imagen la onda de azul tiene un valor pico de 4.09 voltios, lo que indica que la ganancia es la requerida y el montaje práctico es correcto.

Para comparar los resultados:

Valores	Práctica	Simulación	Teoría
V_o (V)	4,09	3,998	4
Ganancia	2,045	1,9992	2
V_{in} (V)	3 y 1	3 y 1	3 y 1

Los porcentajes de error fueron:

Práctica	Simulación
2,25%	0,04%

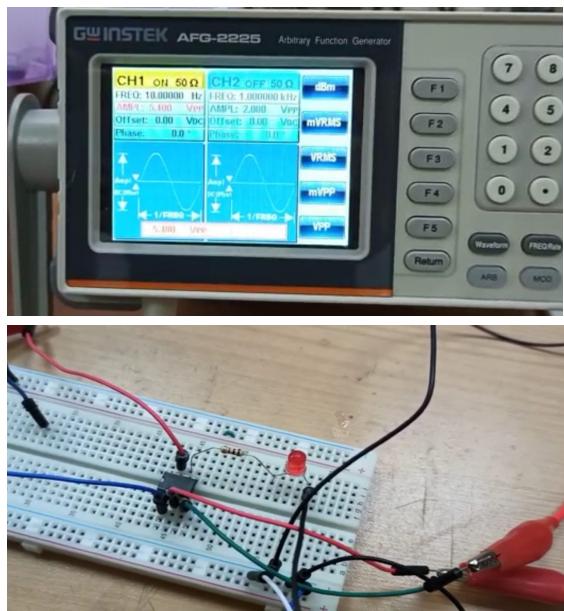
Como se puede ver, los porcentajes de error fueron bastante bajos, por lo que tanto la simulación como el montaje práctico fueron correctos.

Comparador

Este circuito fue alimentado con 5 voltios, en polarización dual.

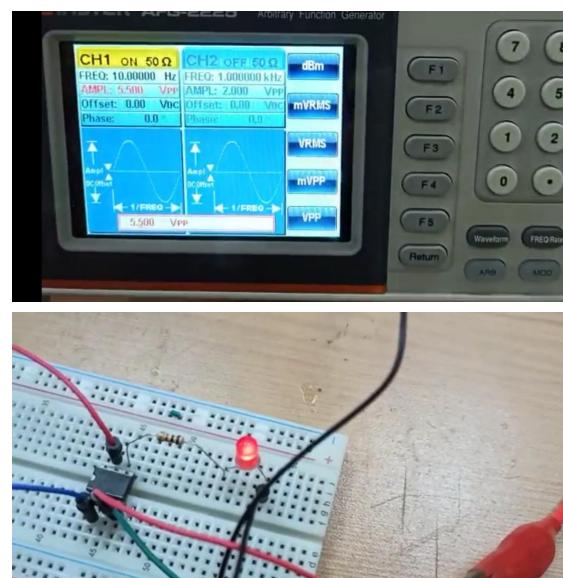
Se observó que en 5.4 voltios el led no prendía, por el contrario sucedía cuando el voltaje aumentó, pues en 5.5 voltios el led prendió de manera que titilaba. De esta forma es como se cumple el principio de un circuito comparador.

A continuación, se pueden ver las imágenes del montaje y de los valores de las señales de voltaje aplicadas al circuito comparador.



En las dos imágenes anteriores, se aprecian los 5.4 V de entrada que provocaban que el LED no encendiera, y a continuación se muestra cuando se le aplicaron los 5.5 V y así encendería el LED, que indica que la alarma ha sido activada.

Cabe resaltar que el led parpadeaba a una frecuencia de señal de 10.0 Hz.



VII. CONCLUSIONES

- Con esta práctica de laboratorio, fue posible observar implementar diferentes configuraciones de amplificadores operacionales para observar sus efectos sobre las señales de entrada.
- Fue posible ver la cercanía de los resultados arrojados en la parte práctica con respecto a la teoría y el comportamiento de las señales de salida en las simulaciones.
- Fue provechoso y enriquecedor la implementación del circuito de modo comparador, de manera que se entendiera su funcionamiento y así poder llevarlo a cabo con un ejemplo sencillo pero claro, el cual fue la alarma.

- Aprendimos y consolidamos la información teórica para hacer el diseño de los diferentes amplificadores.
- Gracias al completo desarrollo de la práctica, fue posible comprobar los valores de la ganancia por medio de simulación haciendo uso de MultiSim.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Savant C. Roden M. Carpenter G. Diseñoelectrónico. Circuitos y sistemas
- [2] Boylestad R. Nashelsky L. Electrónica teoríade circuitos 8.