



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
ECITEC, Valle de las Palmas

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE BIOINSTRUMENTACIÓN

LABORATORIO DE BIOELECTRÓNICA

Elaborado por:

M. C. Miguel Alejandro Díaz Hernández
Dra. Norma Alicia Barboza Tello
M .C. Irma Uriarte Ramírez

Valle de las Palmas, Tijuana, B.C., Agosto de 2015.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA CENTRO DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA VALLE LAS PALMAS
Prácticas de laboratorio	

No. DE PRÁCTICA	LABORATORIO DE	NOMBRE	DURACIÓN (HORAS)
1	Bioinstrumentación	Propiedades de Señales Eléctricas	6

Competencia:

Revisar los conceptos básicos de señales eléctricas y sus propiedades, así como la correcta utilización de los instrumentos de laboratorio, para aplicarlos en la implementación de un circuito amplificador de señal y en la adecuada interpretación de la señal de salida obtenida.

Material:

- 1 Amplificador Operacional LM741
- Resistencias (ver práctica para obtener valores)
- 1 Puntas de Osciloscopio
- 1 puntas de Generador de Señales
- 2 pares de puntas para fuente
- Protoboard
- Alambre de cobre
- Pinzas de punta y corte

Equipo:

- Multímetro Digital
- Fuente de Voltaje
- Generador de Señales
- Osciloscopio Digital

Procedimiento:

1.- Utilice el Generador de Señales y el Osciloscopio para generar y medir una señal senoidal de **2Vpp @ 200Hz sin offset**.

2.- Utilice adecuadamente la opción de acoplamiento del osciloscopio (**AC, DC**). *¿Se afecta lo visto en pantalla al cambiar de una a otra?*

3.- Repita el paso 1 y 2 para la misma señal, pero ahora con un **offset de 1V**.

4.- Explique qué sucede al cambiar el acoplamiento y cuál es el efecto sobre la señal observada en el osciloscopio. Para las siguientes mediciones utilice el acoplamiento **DC**.

5.- Utilice el amplificador operacional LM741 para implementar en su protoboard un circuito **amplificador no inversor con ganancia de 3**. Aliméntelo con $\pm 12V$ y ponga la señal del paso 3 (2Vpp@200Hz con 1V de offset) en la entrada. Mida la salida. *¿Qué observa? ¿Es correcta la ganancia? ¿Qué le sucede al offset de la señal al ser esta amplificada?*

6.- Repita la medición anterior, pero disminuya el voltaje de alimentación a $\pm 3V$. *¿Qué sucede con la señal de salida? ¿Por qué?*

7.- Elimine el offset de la señal de entrada y observe la señal de salida del amplificador. *¿Es esto suficiente para que la señal se vea completa? Ajuste el voltaje de alimentación al mínimo necesario para que la señal se vea de nuevo completa, no modifique la amplitud de la señal de entrada, solo el voltaje de alimentación. Registre el valor del voltaje de alimentación al cual la señal se observa completa de nuevo y compárelo con la amplitud de la señal de salida. ¿A que se debe la diferencia? Investigue y reporte.*

Requisitos previos:

- Saber generar voltajes positivos y negativos a partir de dos fuentes de alimentación conectadas en serie.
- Saber utilizar el Generador de Señales.
- Llevar impresa o en algún dispositivo electrónico esta práctica.
- Llevar impresa o en algún dispositivo electrónico la asignación de pines y las características eléctricas del amplificador operacional LM741.

Palabras clave: *bioinstrumentación, amplitud, offset, op-amp, clipping, output voltage swing.*

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA CENTRO DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA VALLE LAS PALMAS
Prácticas de laboratorio	

No. DE PRÁCTICA	LABORATORIO DE	NOMBRE	DURACIÓN (HORAS)
2	Bioinstrumentación	Caracterización de un sensor de temperatura LM35	4

I. Competencia

Comparar la lectura de un termómetro de mercurio con la salida de un sensor de temperatura, para establecer analíticamente una relación entre una variable de entrada y la salida eléctrica del sensor.

II. Introducción

En muchas aplicaciones es necesario conocer con precisión y exactitud algún parámetro o variable física (peso, velocidad, temperatura, humedad, etc.), lo que ha impulsado el desarrollo de instrumentos capaces de cuantificar dichas variables. La mayoría de los instrumentos electrónicos utilizan algún tipo de transductor eléctrico o sensor, que son dispositivos capaces de proporcionar o modificar una cantidad eléctrica en proporción a la variable física que se desea medir. El establecer esta relación es de gran importancia puesto que el diseño del circuito de acondicionamiento de señal dependerá en gran medida de las características del sensor a utilizar.

Entre las principales características estáticas de un sensor se encuentran las siguientes:

1. Exactitud
2. Precisión
3. Sensibilidad
4. Linealidad
5. Resolución

Durante el desarrollo de esta práctica, se buscara la caracterización de un sensor de temperatura LM35.

III. Material y Equipo

Equipo:

- Fuente de voltaje
- Fuente de calor (foco o lámpara)
- Multímetro Digital

Material:

- Sensor de temperatura LM35
- Resistencia de $10k\Omega$
- Termómetro de mercurio graduado
- Protoboard
- Alambre de cobre
- Pinzas de punta y corte

IV. Procedimiento

1.- En esta práctica se busca establecer una relación entre la temperatura en las inmediaciones del sensor y el voltaje de salida del mismo. Primeramente, construya el circuito mostrado a continuación (Fig 1) y coloque el bulbo de mercurio del termómetro lo más cerca posible al sensor de temperatura:

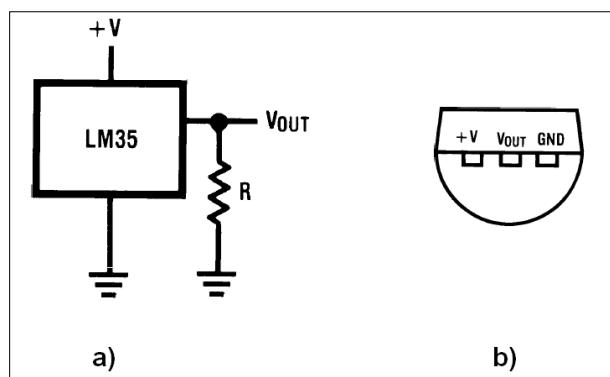


Figura 1. a) Circuito a implementar, b) Ubicación de terminales en el LM35 (vista inferior)

2.- Encienda la lámpara para que comience a calentarse y espere 5 minutos. Asegúrese colocar el protoboard con el circuito armado en un lugar que pueda ser alcanzado por la lámpara. Alimente el circuito con 5V.

3.- Con la ayuda del multímetro, se tomarán lecturas de la salida de voltaje del sensor de temperatura. Primeramente, y antes de acercarse a la lámpara observe la lectura en el termómetro y el voltaje a la salida del sensor.

4.- Acerque lentamente la lámpara al circuito hasta que comience a notar un incremento en la temperatura, según lo indique el termómetro. Deténgase en ese momento, espere 30 segundos y después observe y anote la lectura en el termómetro y la salida de voltaje del sensor.

5.- A partir de ahora, cada que acerque un poco más la lámpara, espere 30 segundos y anote las lecturas en la siguiente tabla.

Temperatura										
Voltaje										

6. Haga una gráfica con estos datos, ubicando en el eje horizontal la temperatura y en el eje vertical el voltaje de salida del sensor.

7. A partir de estos datos, ¿qué características del sensor se pueden definir? Reúnan los datos de todos los equipos, realicen un promedio y definan características en conjunto. ¿Cómo son sus resultados en comparación con el promedio de todos?

V. Resultados

Deberán presentarse los datos obtenidos por su equipo y el promedio de los datos obtenidos por todos, así como las características definidas por su equipo y las promedio.

VI. Discusión

Realice una discusión de los resultados obtenidos. Conteste las preguntas que se encuentran en el desarrollo de la práctica y tómelas de punto de partida para su discusión.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA CENTRO DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA VALLE LAS PALMAS
Prácticas de laboratorio	

No. DE PRÁCTICA	LABORATORIO DE	NOMBRE	DURACIÓN (HORAS)
3	Bioinstrumentación	Amplificador de instrumentación utilizando op-amps individuales	8

I. Competencia

Implementar un amplificador de instrumentación a partir de amplificadores operacionales individuales para lograr la correcta amplificación de una señal de origen fisiológico.

II. Introducción

El amplificador de instrumentación es un circuito implementado con amplificadores operacionales que se utiliza en mediciones que requieren una amplificación precisa de señales muy pequeñas y que presentan componentes de modo común grandes, como las encontradas normalmente en el área biomédica. Un amplificador de instrumentación rechaza las señales en modo común y amplifica las señales en modo diferencial.

El amplificador de instrumentación está formado por dos etapas: la primera, que son dos seguidores de voltaje, se encarga de proveer una impedancia de entrada muy alta que no varía cuando se ajusta la ganancia; la segunda es un amplificador de diferencias que amplifica la diferencia entre sus terminales de entrada.

Las características principales de un amplificador de instrumentación son las siguientes:

- 1.- Impedancia de entrada extremadamente alta (idealmente infinita).
- 2.- Impedancia de salida muy baja (idealmente cero).
- 3.- Ganancia precisa y estable, ajustada a través de R_G .
- 4.- CMRR alto.

El diagrama esquemático de un amplificador de instrumentación se muestra en la siguiente figura:

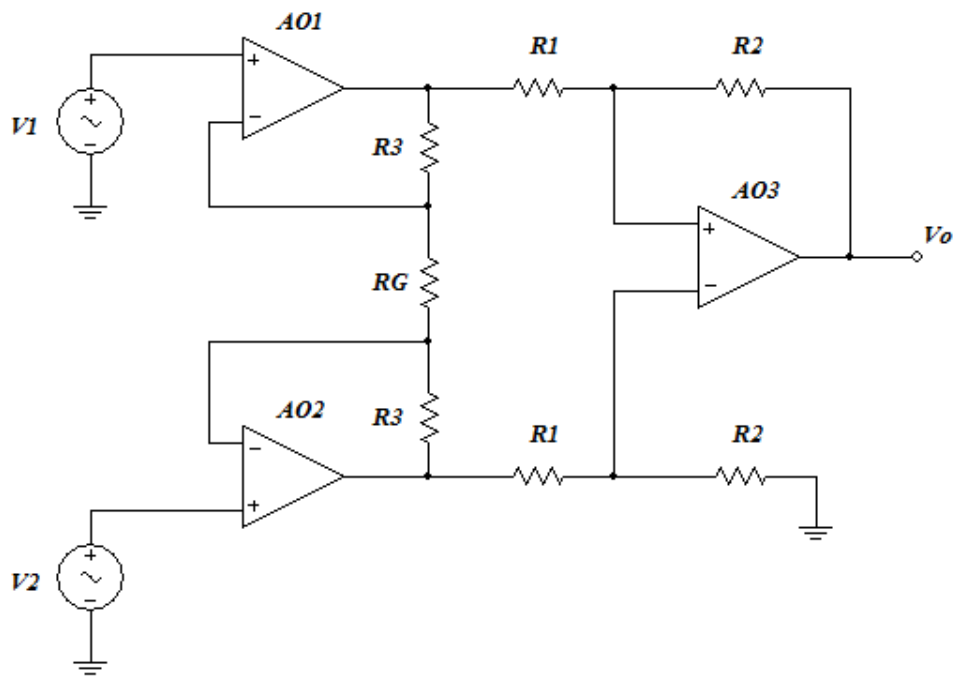


Fig. 1 Amplificador de Instrumentación

III. Material y Equipo

Equipo:

- Fuente de voltaje
- Generador de Señales
- Osciloscopio Digital
- Multímetro Digital

Material:

- Amplificador operacional LM741 (3)
- Resistencia de 100kΩ (6)
- Protoboard
- Alambre de cobre
- Pinzas de punta y corte

IV. Procedimiento

1.- En esta práctica implementará un amplificador de instrumentación utilizando 3 amplificadores operacionales individuales. Tenga a la mano las hojas de datos del circuito integrado LM741 e implemente el amplificador de instrumentación que se muestra en la Fig.1.

2.- Realice el cálculo de R_G para obtener una ganancia de 1000. Tome en cuenta que no encontrará el valor de resistencia exacto para R_G , utilice en el circuito el valor más cercano existente o realice un arreglo de varias resistencias. Registre el valor final de R_G y realice de nuevo el cálculo de la ganancia.

$$V_O = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + \frac{2R_3}{R_G} \right) (V_2 - V_1)$$

$$R_G = \text{_____} \Omega$$

$$\text{Ganancia teórica} = \text{_____}$$

3.- Alimente su circuito con $\pm 9V$. Para comprobar el funcionamiento de su circuito utilice correctamente el generador de señales para generar una señal de 30mVpp sin offset y conéctela a su amplificador de manera diferencial.

4.- Mida la salida. ¿Es correcta la señal observada? Explique el fenómeno que se observa. ¿Por qué sucede? ¿Cómo se corrige? Realice la corrección necesaria y proceda al siguiente paso.

5.- Realice la medición de la ganancia real del circuito. La ganancia real se obtiene dividiendo la amplitud de la señal de salida medida entre la amplitud de la señal de entrada medida. ¿A qué se debe la diferencia entre la ganancia teórica y real?

Ganancia real = _____

V. Resultados

Debe reportar los cálculos realizados, la ganancia teórica y la ganancia medida, así como las observaciones y los ajustes que se hayan tenido que realizar para obtener correctamente la señal de salida.

VI. Discusión

Realice una discusión de los resultados obtenidos. Conteste las preguntas que se encuentran en el desarrollo de la práctica y tómelas de punto de partida para su discusión.

	UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA CENTRO DE INGENIERIA Y TECNOLOGIA VALLE LAS PALMAS
Prácticas de laboratorio	

No. DE PRÁCTICA	LABORATORIO DE	NOMBRE	DURACIÓN (HORAS)
4	Bioinstrumentación	Amplificador de instrumentación utilizando un circuito integrado específico	4

I. Competencia

Implementar un amplificador de instrumentación utilizando un circuito integrado que integre la configuración de 3 op-amps, para lograr la correcta amplificación de una señal de origen fisiológico y comparar su desempeño con el amplificador de instrumentación implementado con op-amps individuales.

II. Introducción

El amplificador de instrumentación es un circuito implementado con amplificadores operacionales que se utiliza en mediciones que requieren una amplificación precisa de señales muy pequeñas y que presentan componentes de modo común grandes, como las encontradas normalmente en el área biomédica. Un amplificador de instrumentación rechaza las señales en modo común y amplifica las señales en modo diferencial.

El amplificador de instrumentación está formado por dos etapas: la primera, que son dos seguidores de voltaje, se encarga de proveer una impedancia de entrada muy alta que no varía cuando se ajusta la ganancia; la segunda es un amplificador de diferencias que amplifica la diferencia entre sus terminales de entrada.

Las características principales de un amplificador de instrumentación son las siguientes:

- 1.- Impedancia de entrada extremadamente alta (idealmente infinita).
- 2.- Impedancia de salida muy baja (idealmente cero).
- 3.- Ganancia precisa y estable, ajustada a través de R_G .
- 4.- CMRR alto.

En esta práctica se utilizará un amplificador de instrumentación integrado en un solo circuito integrado. Al implementarse los op-amps y las resistencias en un solo circuito integrado, se logra un voltaje de offset muy bajo y un CMMR alto. El diagrama interno del INA114 es el siguiente:

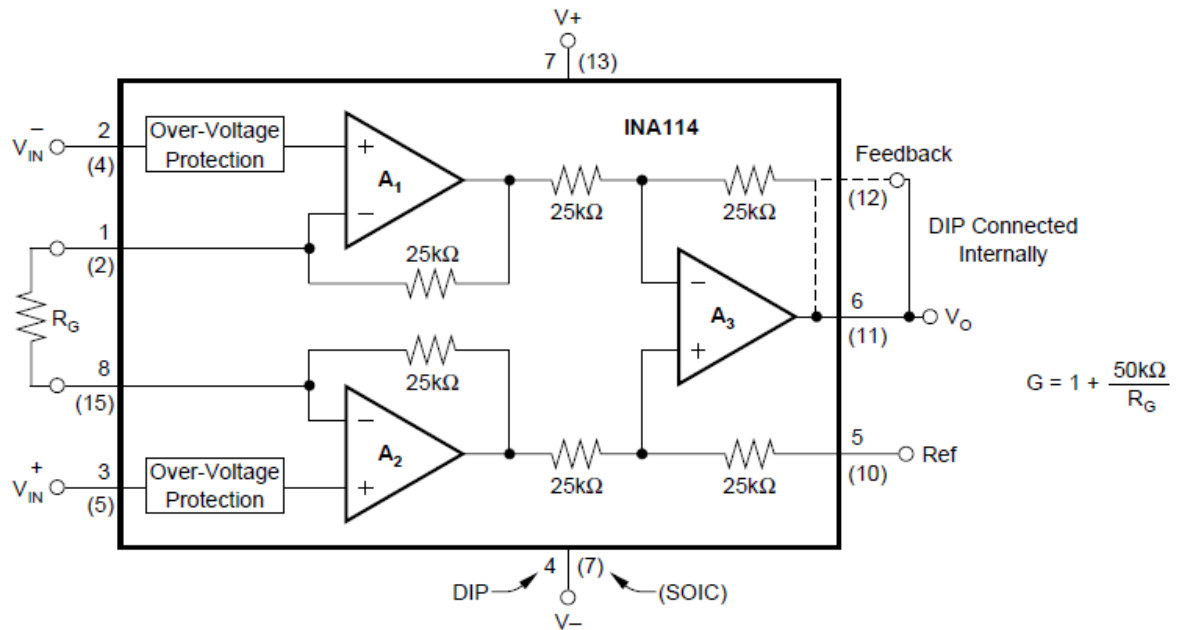


Fig. 1 Diagrama interno del INA114

III. Material y Equipo

Equipo:

- Fuente de voltaje
- Generador de Señales
- Osciloscopio Digital
- Multímetro Digital

Material:

- Amplificador de Instrumentación de Precisión INA114
- Protoboard
- Alambre de cobre
- Pinzas de punta y corte

IV. Procedimiento

1.- En esta práctica se implementará un amplificador de instrumentación utilizando el circuito integrado INA114. Tenga a la mano las hojas de datos.

2.- Realice el cálculo de R_G para obtener una ganancia de 1000. Tome en cuenta que no encontrará el valor de resistencia exacto para R_G , utilice en el circuito el valor más cercano existente o realice un arreglo de varias resistencias. Registre el valor final de R_G y realice de nuevo el cálculo de la ganancia.

$R_G =$ _____ Ω

Ganancia teórica = _____

3.- Implemente y alimente su circuito con $\pm 9V$. Para comprobar el funcionamiento de su circuito utilice correctamente el generador de señales para generar una señal de 30mVpp sin offset y conéctela a su amplificador de manera diferencial.

4.- Mida la salida. ¿Es correcta la señal observada? Explique el fenómeno que se observa. ¿Por qué sucede? ¿Cómo se corrige? Realice la corrección necesaria y proceda al siguiente paso.

5.- Realice la medición de la ganancia real del circuito. La ganancia real se obtiene dividiendo la amplitud de la señal de salida medida entre la amplitud de la señal de entrada medida. ¿Hay diferencia entre la ganancia teórica y real? ¿Cómo se compara en este aspecto el desempeño del amplificador de instrumentación implementado con op-amps individuales y el implementado en un solo circuito integrado? ¿A qué se debe la diferencia?

Ganancia real = _____

V. Resultados

Debe reportar los cálculos realizados, la ganancia teórica y la ganancia medida, así como las observaciones y los ajustes que se hayan tenido que realizar para obtener correctamente la señal de salida.

VI. Discusión

Realice una discusión de los resultados obtenidos. Conteste las preguntas que se encuentran en el desarrollo de la práctica y tómelas de punto de partida para su discusión. Realice la comparación entre el desempeño del amplificador operacional implementado con op-amps individuales y el desempeño del amplificador operacional integrado en un solo circuito integrado.