

Facultad: Ingeniería  
Escuela: Electrónica  
Asignatura: Instrumentación Industrial  
Lugar de ejecución: Instrumentación y Control  
(Edificio 3, 2da planta)

## Tema: Amplificador de Instrumentación

### Objetivo General

- Analizar el funcionamiento del Amplificador de Instrumentación.

### Objetivos Específicos

- Simular un circuito básico de amplificador de instrumentación.
- Observar, a partir de la simulación, el funcionamiento del amplificador de instrumentación.
- Interpretar datos característicos como la Ganancia, el RRMC (Razón de rechazo en modo común), su linealidad en operación D.C. y su respuesta en frecuencia.

### Material y Equipo

- 1 Computadora con el programa Circuit Maker 2000 instalado.

### Introducción Teórica

Ante las exigencias de medida que imponen los sensores, se necesitan amplificadores específicos llamados de instrumentación que deben cumplir unos requisitos generales:

- Ganancia: seleccionable, estable, lineal.
- Entrada diferencial: con RRMC (Razón de Rechazo en Modo Común) alta.
- Error despreciable debido a las corrientes y tensiones de offset.
- Impedancia de entrada alta.
- Impedancia de salida baja

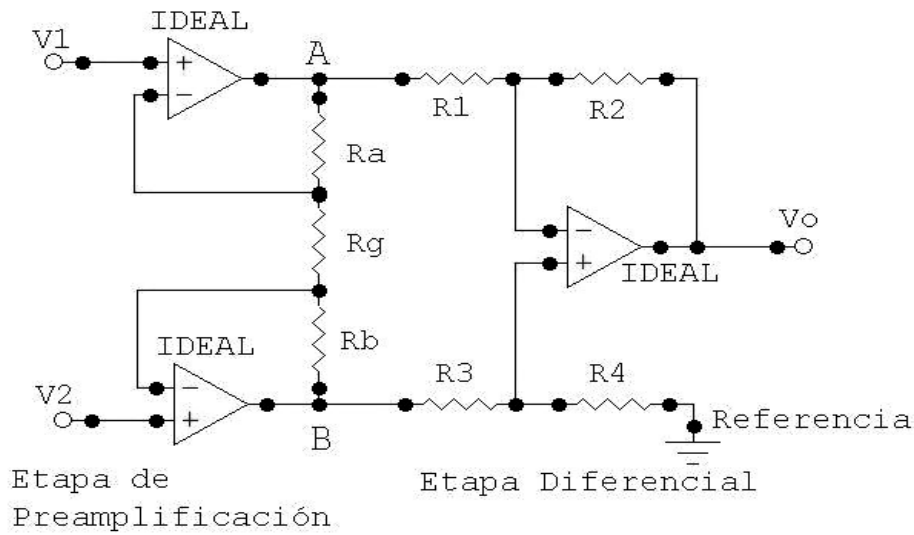


Figura 1.1. Amplificador de Instrumentación basado en tres amplificadores operacionales.

La ganancia en modo común será cero (es decir RRMC máximo) si  $1 - \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4} = 0$ . Esto se

puede conseguir si  $R_2/R_1 = R_4/R_3$ .

Para hacer una expresión simple de la función de transferencia total se impone que  $2R_a/R_g = 2R_b/R_g$ , es decir,  $R_a = R_b$  Resulta:

$$\text{Ganancia Diferencial} = Ad = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + 2 \frac{R_a}{R_g}\right) \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Observar que  $R_g$  permite variar la ganancia sin afectar al CMRR

Si NO se conecta el terminal ref a masa, sino a otra tensión de referencia obtendríamos:

$$V_o = Ad(V_+ - V_-) + V_{ref} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

### Modelo esquemático

En los diagramas de circuito suele usarse el siguiente modelo esquemático para el amplificador de instrumentación. Observar la resistencia  $R_G$  dibujada externamente:

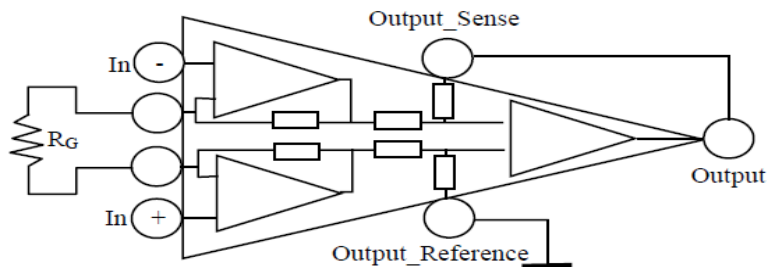



Figura 1.2. Modelo esquemático del amplificador de instrumentación.

## Procedimiento

## PARTE I: SIMULACIÓN DEL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN

1. Implemente el circuito de un amplificador de instrumentación mostrado en la Figura 1.3 usando el programa Circuit Maker.
2. Calcule utilizando la Ecuación 1.1 la ganancia diferencial ( $A_d$ ) teórica del circuito de la Figura 1.3.  $A_d$  (teórica)=\_\_\_\_\_.
3. Simule el circuito dando clic en el botón , si el circuito está bien debería de dar el voltaje RMS que se muestra en el multímetro de la Figura 1.3, si es así continúe con el paso 4, sino es que hay algún error en el circuito por lo que debe revisar las uniones, los valores colocados a los elementos etc, hasta encontrar el error y obtener el valor esperado.
4. Obtenga el valor de  $A_d$  práctica a partir del valor de amplitud de salida entre la amplitud de entrada.  $A_d$  (práctica)=\_\_\_\_\_. ¿Como se compara este valor con el obtenido en el paso 2?\_\_\_\_\_.

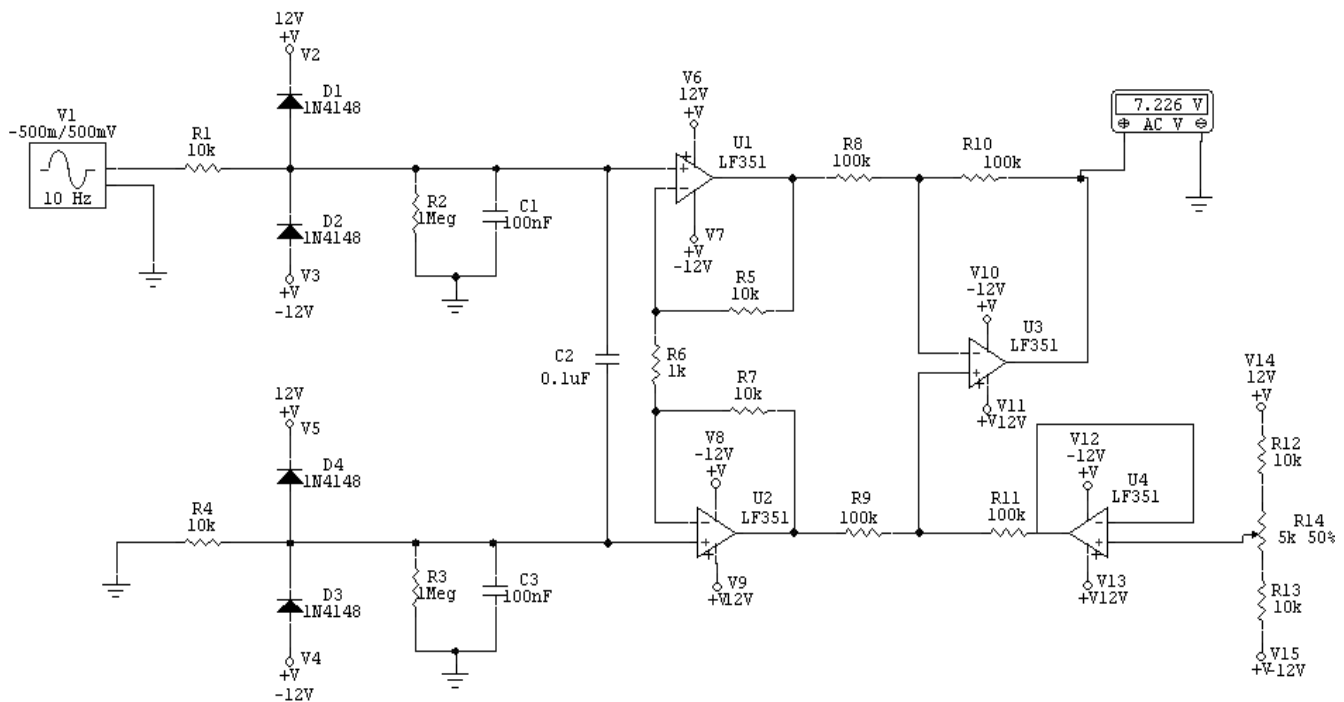


Figura 1.3. Circuito de amplificador de instrumentación.

## PARTE II MEDICIONES EN EL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.

- Mida la corriente de consumo: \_\_\_\_\_ A, y calcule la potencia absorbida por el amplificador de instrumentación: \_\_\_\_\_ W.
- Cambie la amplitud de la fuente de entrada a 100mVp.
- Con la Ecuación 1.1 calcule el valor de la resistencia  $R_{Gain}$  que se le debe colocar al circuito de la Figura 1.3 para obtener una GANANCIA de 100.  $R_{GANANCIA} = \text{_____ } \Omega$ .

**NOTA:** En el caso de que arme el circuito en una breadboard, una las entradas del amplificador de instrumentación a masa y ajuste el potenciómetro OFFSET hasta obtener 0 voltios en la tensión de salida. Es conveniente usar un voltímetro digital.

Ajuste de  $POT_{DESPLAZAMIENTO} = \text{_____}$ .

- Simule el circuito con el valor de resistencia que calculó y obtenga la ganancia  $A_d = \text{_____}$ .
- Calcule de nuevo la resistencia para obtener una ganancia de 10 y luego obtenga la ganancia práctica.  $R_{GANANCIA} = \text{_____ } \Omega$ ,  $A_d = \text{_____}$ .
- Mida el rechazo de señales en modo común (RRMC), para ello conecte ambas entradas del amplificador de instrumentación al generador de señal senoidal, mida la salida de voltaje y anótela, luego calcule la ganancia en modo común ( $A_{cm}$ ) siempre dividiendo la señal de salida entre la entrada y finalmente obtenga el factor de rechazo en modo común ( $RRMC = \frac{A_d}{A_{cm}}$  Ecuación 1.3).

$V_{O(Vin = 100mV)} = \text{_____}$ ,  $A_{cm} = \text{_____}$  y  $RRMC = \text{_____}$ .

- Repita el paso anterior para 0.5V y 1V de voltaje de entrada.

$V_{O(Vin = 0.5V)} = \text{_____}$ ,  $A_{cm} = \text{_____}$  y  $RRMC = \text{_____}$ .

$V_{O(Vin = 1.0V)} = \text{_____}$ ,  $A_{cm} = \text{_____}$  y  $RRMC = \text{_____}$ .

- Reconecte de nuevo las entradas del amplificador de instrumentación, una al generador de señales y la otra a tierra como estaban en la Figura 1.3.
- Obtenga la curva de transferencia de la señal (DC) para el amplificador para un voltaje de entrada de 50mv a 500mv en pasos de 10mV, para ello seleccione del menú "Simulation" la opción "Analyses Setup", luego de clic en el botón "DC", clic en la opción "Enabled" y coloque los siguientes valores en los parámetros:

- Source Name: Elija el nombre del generador de funciones (en el circuito de la Figura 1.3 por ejemplo es V1).
- Start Value: 50.00m
- Stop Value: 500.0m
- Step Value: 10.00m

14. De clic en el botón "OK" y luego en el de "Run Analyses". En la ventana de las gráficas seleccione la pestaña "DC Sweep" y luego de un clic a la salida del amplificador para ver la curva ¿Es lineal la curva de transferencia? Sí\_\_\_ No \_\_\_

Explique: \_\_\_\_\_

15. Encuentre la respuesta en frecuencia del amplificador de instrumentación, para ello detenga la simulación, seleccione del menú "Simulation" la opción "Analyses Setup", luego de clic en el botón "AC", clic en la opción "Enabled", coloque un rango de frecuencias de 1.000Hz hasta 20.00KHz (coloque las unidades unidas con el valor para obtener una gráfica correcta), 10 puntos de prueba y en el barrido seleccione "Decade". De clic en "OK" y luego en "Run Analyses", seleccione la pestaña "AC Analysis" y de clic en la salida del amplificador.

16. De clic derecho en el eje "Y" de la gráfica y seleccione la opción "Scaling..." luego en "X Scale" seleccione la opción "Log" y en "Y Axis" seleccione en "Primary" la opción "Magnitude In Decibels" y de clic en "OK".

17. Active los dos cursores de medida y cuando aparezcan en la gráfica ubíquelos para determinar la pendiente como se muestra en la Figura 1.4.

$m = \underline{\hspace{2cm}}$ .

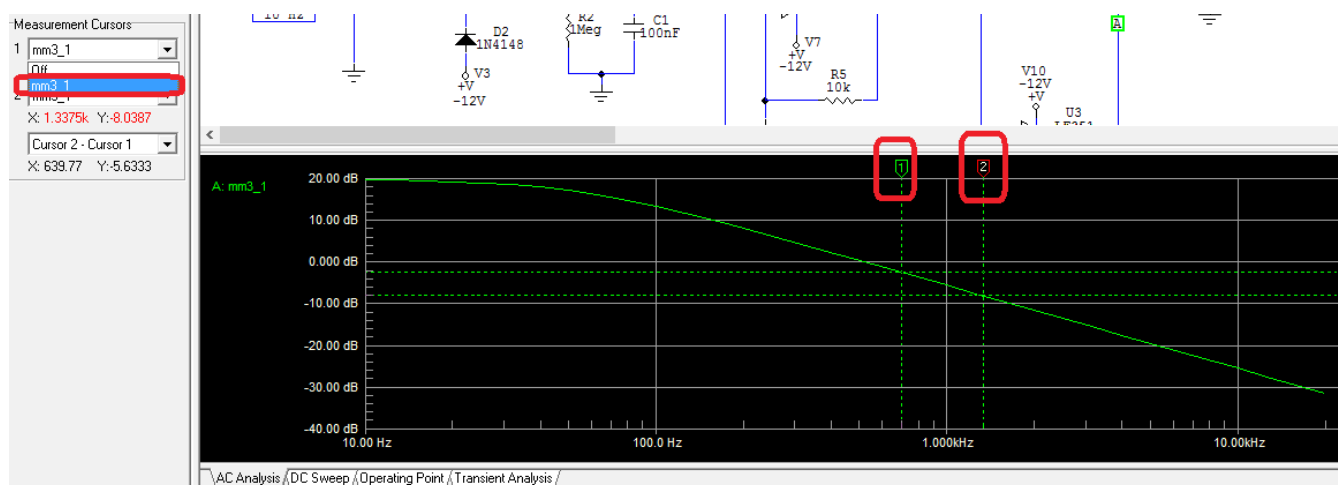


Figura 1.4. Obtener la pendiente de la gráfica con ayuda de los cursores de medida.

### Análisis de Resultados

- Determine el error relativo de las ganancias obtenidas con respecto a los valores que se obtienen de la Ecuación 1.1 y los valores prácticos. Concluya, si hay error a qué puede deberse.
- ¿Qué significa el **valor** de RRMC obtenido en la simulación?
- De la curva de transferencia D.C. ¿Qué concluye acerca de la linealidad del amplificador y qué ventajas presenta para un proceso determinado?
- De la respuesta en frecuencia ¿Qué concluye acerca de la misma? y considere si puede ser usado para amplificación en circuitos de frecuencias superiores a 20kHz.

### Bibliografía

- Cursos internacionales del Centro Internacional colombiano alemán (1995). *Sistemas de medición de procesos industriales*. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) Barranquilla, Colombia.
- Drake, J., (2005), *Tema III: El amplificador de instrumentación*, Depto. De Electrónica y Computadores, Universidad de Cantabria, España. Consultado en diciembre de 2016 en: [http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion\\_5\\_IT/IEC\\_3.pdf](http://www.ctr.unican.es/asignaturas/instrumentacion_5_IT/IEC_3.pdf)

Hoja de cotejo: 1

## Guía 1: Amplificador de Instrumentación

Alumno:

Máquina No:

Docente:

GL:

Fecha:

EVALUACIÓN					
	%	1-4	5-7	8-10	Nota
CONOCIMIENTO	25	Conocimiento deficiente de las características y operación del amplificador de instrumentación	Conocimiento y explicación incompleta de las características y operación del amplificador de instrumentación	Conocimiento completo y explicación clara de las características y operación del amplificador de instrumentación	
APLICACIÓN DEL CONOCIMIENTO	70	Cumple con uno de los siguientes criterios: -Simula correctamente un circuito básico de amplificador de instrumentación. -Calcula correctamente la resistencia $R_g$ para obtener determinada ganancia. -Interpreta datos característicos como el RRMC, linealidad en operación D.C. y respuesta en frecuencia.	Cumple con dos de los criterios:	- Cumple con los tres criterios:	
ACTITUD	2.5	Es un observador pasivo.	Participa ocasionalmente o lo hace constantemente pero sin coordinarse con su compañero.	Participa propositiva e integralmente en toda la práctica.	
	2.5	Es ordenado; pero no hace un uso adecuado de los recursos	Hace un uso adecuado de los recursos, respeta las pautas de seguridad; pero es desordenado.	Hace un manejo responsable y adecuado de los recursos conforme a pautas de seguridad e higiene.	
TOTAL	100				