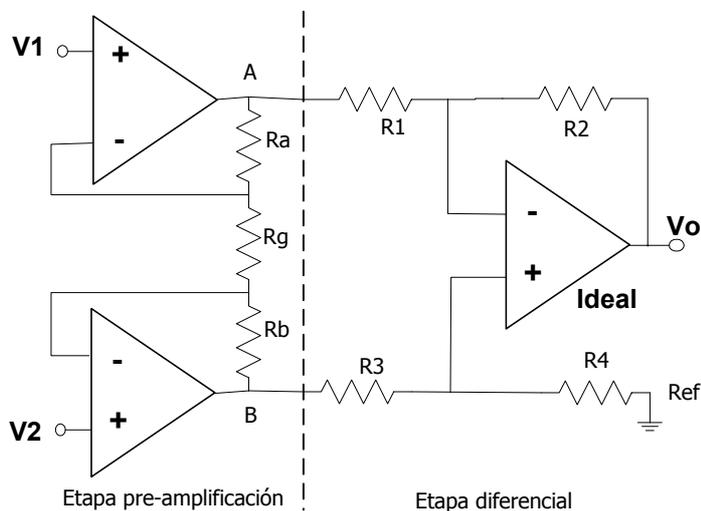


4.3.- EL AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN

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 CMRR alto.
- Error despreciable debido a las corrientes y tensiones de offset
- Impedancia de entrada alta
- Impedancia de salida baja

4.3.1.1.- Basado en tres AO



ETAPA PRE-AMPLIFICACIÓN

- Aumenta la impedancia de entrada del conjunto. Gracias a su configuración no inversora iguala la impedancia del circuito a la del AO.
- Suelen utilizarse operacionales con entradas basadas en FET para conseguir bajas corrientes de polarización.

Análisis:

Buscamos V_A y V_B en función de V_1 y de V_2 :

Aplicamos c.c. virtual y planteamos Kirschoff de corrientes en el punto A:

$$\frac{V_A - V_1}{R_A} = \frac{V_1 - V_2}{R_G}, \text{ despejando } V_A:$$

$$V_A = V_1 \left(\frac{R_A}{R_G} + 1 \right) - \frac{R_A}{R_G} V_2$$

De igual forma en el punto B:

$$\frac{V_1 - V_2}{R_G} = \frac{V_2 - V_B}{R_B}, \text{ despejando } V_B:$$

$$V_B = V_2 \left(\frac{R_B}{R_G} + 1 \right) - \frac{R_B}{R_G} V_1$$

Restando ambas expresiones, obtenemos:

$$\boxed{V_B - V_A = V_2 - V_1 \left(\frac{R_A + R_B}{R_G} + 1 \right)} \quad \text{Ecuación 3}$$

☞ Observar que el paréntesis representa la ganancia diferencial de la etapa pre-amplificadora, y que variando R_g podremos variar la ganancia.

ETAPA DIFERENCIAL

En el estudio del amplificador diferencial, establecimos una ecuación que llevada a este circuito:

$$v_o = \left(-\frac{R_2}{R_1} \right) \cdot V_A + \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot \left(\frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) \cdot v_B \quad \text{Ecuación 4}$$

TOTAL

Sustituyendo en la ecuación 4 las expresiones de V_A y de V_B por lo hallado en la etapa pre-amplificadora, y teniendo en cuenta las definiciones de V_d y V_{cm} : $V_d = V_B - V_A$ y $V_{cm} = (V_A + V_B)/2$

Llegaríamos a:

$$V_o = -V_d \cdot \left[\frac{1 + \frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{R_b}{R_g} \right) + \frac{R_2}{R_1} \left(\frac{1}{2} + \frac{R_a}{R_g} \right) \right] + V_{cm} \cdot \left[\frac{1 - \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \right]$$

De donde se deduce que:

- La ganancia en modo común será cero (i.e. CMRR máximo) si $1 - \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4} = 0$. Esto se puede conseguir como ya salió en el análisis del amplificador diferencial si $R_2/R_1 = R_4/R_3$.
- Si además para simplificar la expresión, imponemos que $2R_a/R_g = 2R_b/R_g$, es decir, $R_a = R_b$ Resulta:

$$Ad = \frac{R_2}{R_1} \left(1 + 2 \frac{Ra}{Rg} \right)$$

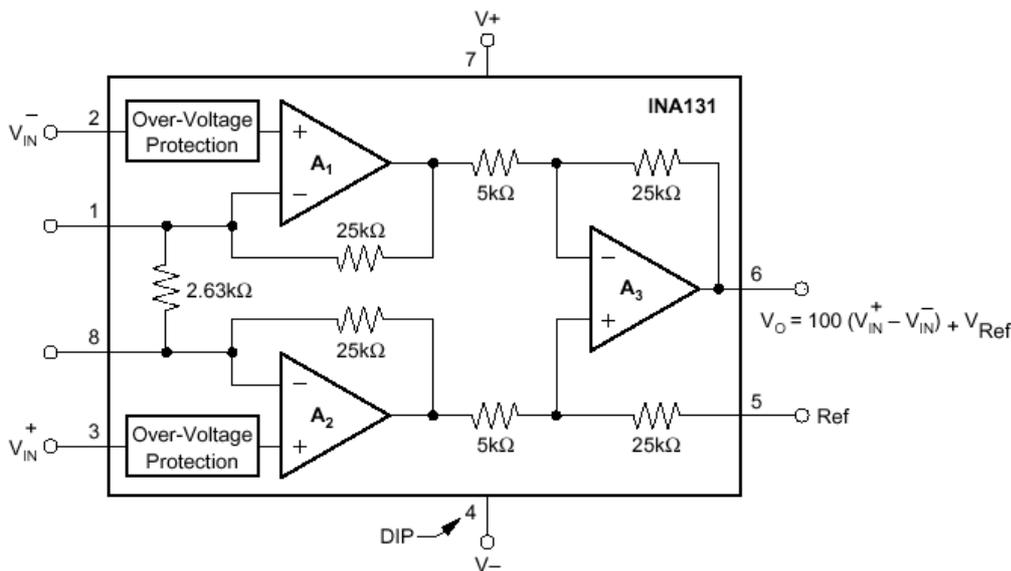
Observar que Rg me permite variar la ganancia sin afectar al CMRR

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

$$V_o = Ad (V_+ - V_-) + V_{ref}$$

INTEGRADO: BURR-BROWN INA-131

Demostrar la función de transferencia del circuito integrado INA-131, si Vref se conecta a masa.



Comparando el esquema interno con el analizado anteriormente:

$$Ra = Rb = 25 \text{ K}\Omega \quad R_1=R_3 = 5 \text{ K}\Omega \quad R_2=R_4 = 25 \text{ K}\Omega \quad Rg=2'63 \text{ k}\Omega$$

Ganancia de la etapa pre-amplificadora:

La ganancia diferencial de esta parte quedaba definida en la ecuación 3:

$$Ad_1 = \left(\frac{Ra + Rb}{Rg} + 1 \right) = \frac{25\text{K}\Omega + 25\text{K}\Omega}{2'63\text{K}\Omega} + 1 = 20,011 \approx 26 \text{ dB}$$

Ganancia de la etapa diferencial:

Según vimos en el estudio del amplificador diferencial, cuando R1=R3 y R2=R4 la ganancia viene dada por:

$$Ad_2 = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) = \frac{25\text{K}\Omega}{5\text{K}\Omega} = 5 \approx 14 \text{ dB}$$

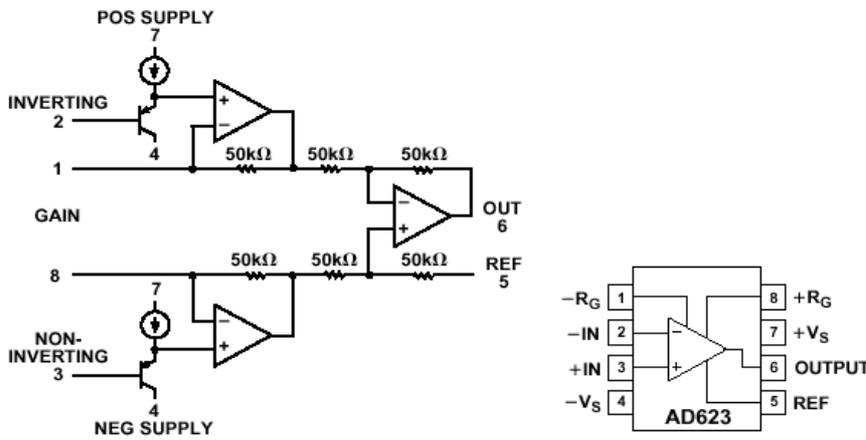
Ganancia total

La ganancia total será el producto de ambas, $A_d = A_{d1} \cdot A_{d2}$ y se aproximará por tanto a 100.

$$A_d \text{ (dB)} = A_{d1} \text{ (dB)} + A_{d2} \text{ (dB)} = 26 \text{ dB} + 14 \text{ dB} = 40 \text{ dB}$$

✎ **PROPUESTO:** ¿Qué resistencia en paralelo debemos poner para obtener una ganancia de 200?

INTEGRADO: AD623



- Como puede verse en la configuración interna simplificada todas las resistencias valen **50 kΩ**.
- La resistencia R_G debe colocarla el usuario.
- El fabricante especifica que la ganancia debe estar entre 1 (i.e. sin resistencia externa R_G) y 1000. La expresión para la ganancia diferencial es:

$$V_o/V_i = 1 + 100 \text{ K}\Omega/R_G$$

✎ **Propuesto:** Comprobar la ecuación dada por el fabricante teniendo en cuenta las ecuaciones anteriores.

4.3.2.- SÍMBOLO

En los diagramas circuitales suele usarse el siguiente símbolo para el amplificador de instrumentación. Observar la resistencia R_G dibujada externamente:

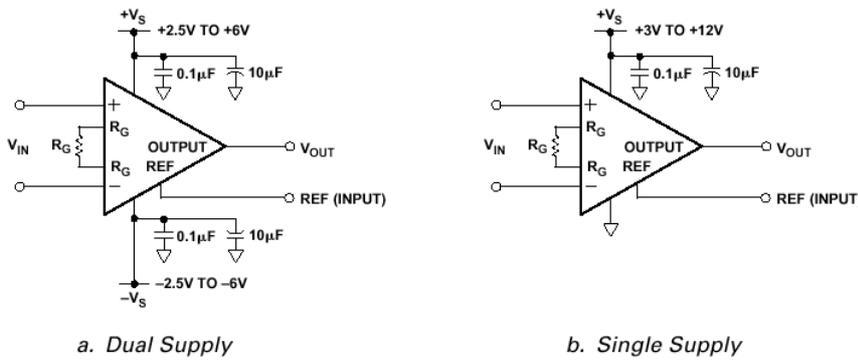
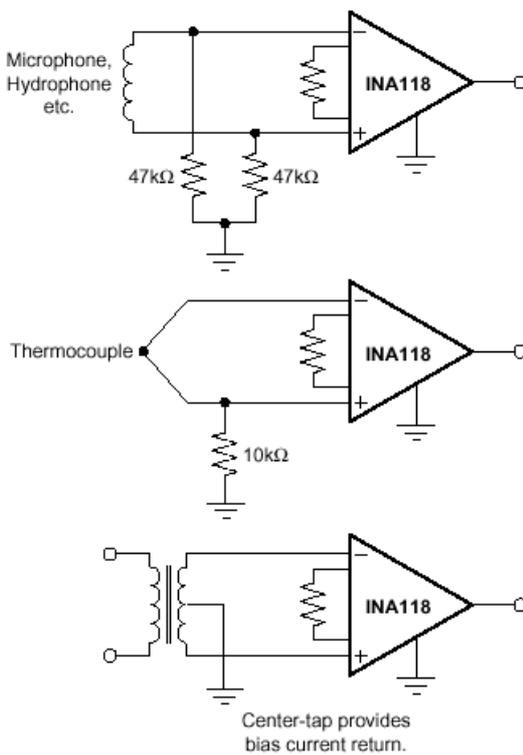


Figure 41. Basic Connections

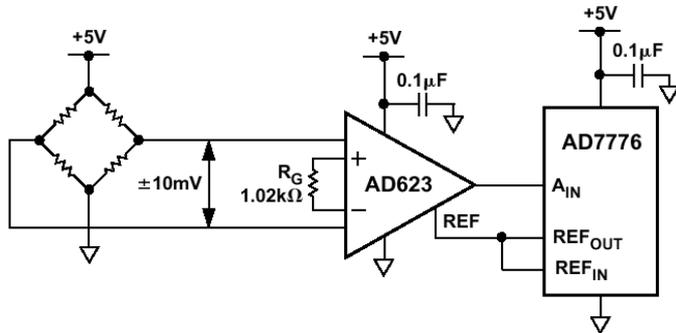
Los condensadores en las patillas de alimentación tienen como misión derivar a tierra el ruido añadido al DC.

4.3.3.- EJEMPLOS DE APLICACIÓN



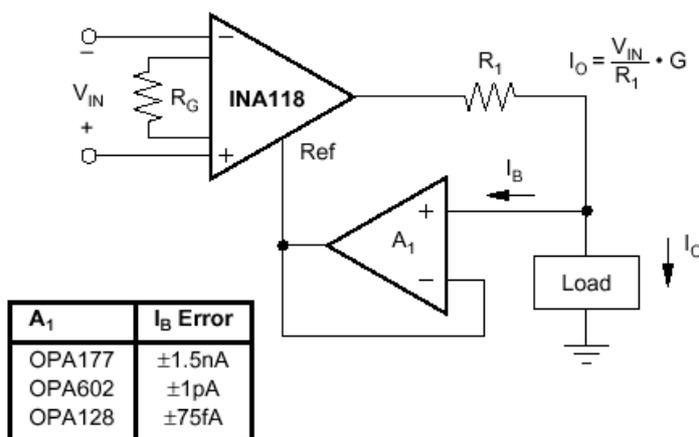
Hay que proporcionar caminos de retorno para las corrientes de polarización. En el caso del transformador, este se produce a través de la toma central del secundario.

CONEXIÓN DE UNA SALIDA BIPOLAR A UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON ALIMENTACIÓN UNIPOLAR



- El puente de Wheastone es excitado con tensión +5V lo que provoca una tensión de modo común de 2.5 V. La salida del puente es de ± 10mV de tensión diferencial máxima.
- El AD623 elimina prácticamente la tensión de modo común y amplifica la señal en un factor 100 ($R_{GAIN} = 1.02 \text{ k} \Omega$). Tenemos por tanto un rango de señal de ±1 V. A esta tensión hay que añadir la tensión REF que está conectada a REF_{OUT} del conversor A/D (proporciona 2V). Por lo tanto el rango de salida del AD623 es de $2V \pm 1 \text{ V}$.
- El AD7776 es un conversor A/D de 10 bits de 1 canal con alimentación unipolar de +5V. El rango de señal en la entrada A_{IN} es $REF_{in} \pm REF_{in}/2$. El ADC proporciona un valor constante de 2 V mediante la patilla REF_{OUT}. Conectando REF_{IN} con REF_{OUT} establecemos un offset de 2V, quedando un rango de A_{IN} a $2V \pm 1 \text{ V}$.

CONVERSION DE TENSION DIFERENCIAL A CORRIENTE



Comprobar el circuito, teniendo en cuenta que la función de transferencia del INA118 es

$$V_o = V_{in} \cdot G + V_{ref}$$

Dependiendo del operacional A1 que seleccionemos, la corriente de polarización I_B producirá un error en la medida

- **PROPUESTO: Calcular el circuito y el error mencionado para que una entrada $V_{IN} = \pm 50 \mu V$ produzca una corriente de $\pm 1 mA$**

AMPLIFICACIÓN DE LAS ENTRADAS DE UNA TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

Especificaciones del amplificador de ganancia programable de las tarjetas de adquisición de datos National Instruments NI-6013, NI-6014:

Amplifier Characteristics

Input impedance

Device	Normal Powered On	Powered Off	Overload
6013	100 G Ω in parallel	820 Ω	820 Ω
6014	with 100 pF		

Input bias and offset current

Device	Bias Current	Offset Current
6013	$\pm 200 \mu A$	$\pm 100 \mu A$
6014		

CMRR, DC to 60 Hz

Device	Range	Bipolar CMRR
6013	20 V	85 dB
6014	10 V	85 dB
	1 V	94 dB
	100 mV	95 dB

Dynamic Characteristics

Small Signal (-3 dB) Bandwidth..... 425 kHz

System noise (LSB_{rms}, including quantization)

Device	Range	Bipolar
6013	10 to 20 V	0.8
6014	1 V	1.0
	100 mV	6.0

Settling time to full-scale step

Device	Range	Accuracy	
		$\pm 0.0031\%$ (± 2 LSB)	$\pm 0.0061\%$ (± 4 LSB)
6013	1 to 20 V	5 μs max	-
6014	100 mV	-	5 μs typical

Crosstalk

Device	Adjacent Channels	All Other Channels
6013	-75 dB	-90 dB
6014		

☞ Observar la diferencia en la impedancia de entrada cuando el amplificador está alimentado y cuando no.