

## 5.- Aislamiento

Puede ser óptico, magnético ó capacitivo.

**Aislamiento Galvánico:** es la ausencia de cualquier camino directo para corriente DC.

### 5.1.- PROBLEMÁTICA

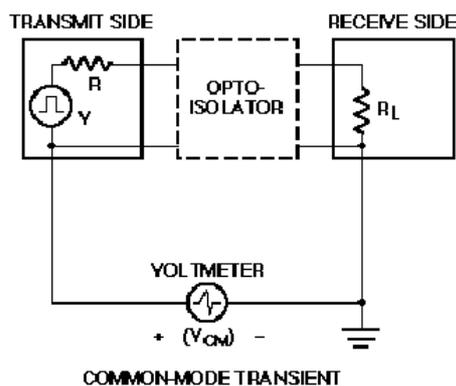
#### 5.1.1.- MÁXIMA TENSION EN MODO COMÚN DE AMPLIFICADORES.

Como ya vimos anteriormente, la tensión en modo común no es objeto de medida, por lo que nos interesa un CMRR alto. Pero además hay que tener en cuenta la máxima tensión en modo común que puede soportar el amplificador sin dañarse. Este límite no suele andar lejos del valor de la tensión a la que se alimenta el amplificador.

P. ej. en un AI, una tensión  $V_{MC}$  de 120 V con un CMRR de 100 dB daría aparentemente una tensión de error en la salida de varios mV, sin embargo el resultado real sería una destrucción del circuito integrado.

#### 5.1.2.- BUCLES DE TIERRA

Como ya se vio en el tema de interferencias, si la masa de la señal y la del sistema de medida son distintas (p. Ej. están alejadas), existirá una diferencia de potencial que provocará una corriente entre ambos y por tanto un error en la medida.



*En la figura el bucle de tierra está roto por el acoplamiento óptico. (i.e. aislamiento galvánico)*

#### 5.1.3.- SEGURIDAD:

- En **medicina**, se necesita aislar al paciente de posibles descargas producidas por fallos en los aparatos de medida.

- **Aislar el ordenador** de las señales del transductor: El sistema monitorizado puede contener transitorios de alta tensión que pueden dañar el ordenador. Esta diferencia de potencial entre masas puede llegar a ser de cientos de voltios. Esto mismo es aplicable a cualquier equipo de medida más o menos delicado.

P. Ej. La mayoría de módulos acondicionadores SCXI de National Instruments conectables a PC ofrecen un aislamiento de 250 Vrms canal-tierra y canal-canal.

## 5.2.- OPTOACOPLOADORES

Un optoacoplador combina dos dispositivos semiconductores: fotoemisor y fotoreceptor existiendo entre ambos un camino por donde se transmite la luz. Estos elementos se integran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP para dar cabida a dichos elementos.

### 5.2.1.- FUNCIONAMIENTO DEL OPTOACOPLOADOR

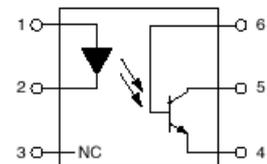
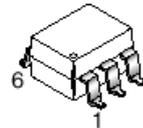
- Los optoacopladores son capaces de modular una señal luminosa partiendo de una señal eléctrica para luego convertirla otra vez en señal eléctrica. De esta forma, establecen un aislamiento galvánico entre los circuitos de entrada y salida.

- La señal de entrada es aplicada al **fotoemisor** (LED) y la salida se toma del **fotoreceptor (fotodiodo, fototransistor)**.

En el optoacoplador de la imagen, la unión base-colector se comporta como un **fotodiodo**.

- Los fotoemisores que se emplean en los **optoacopladores de potencia** son diodos que emiten rayos infrarrojos (llamados IRED: Infrared Emitting Diode) y los fotoreceptores pueden ser tiristores o transistores.

Cuando aplicamos una tensión sobre los terminales del diodo IRED, éste emite un haz de rayos infrarrojos que se transmite a través de una pequeña guía-ondas de plástico o cristal hacia el fotorreceptor. La energía luminosa que incide sobre el fotorreceptor hace que este genere una tensión eléctrica a su salida.

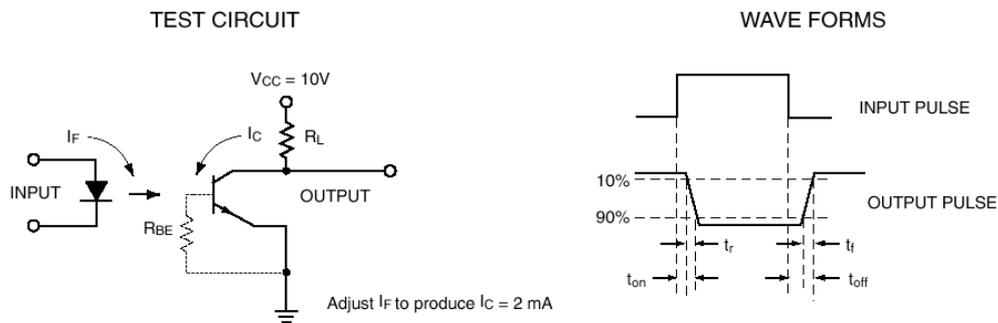


PIN 1. ANODE  
2. CATHODE  
3. NO CONNECTION  
4. EMITTER  
5. COLLECTOR  
6. BASE

Patillaje del  
optoacoplador  
Fairchild 4N25P

### Circuito básico

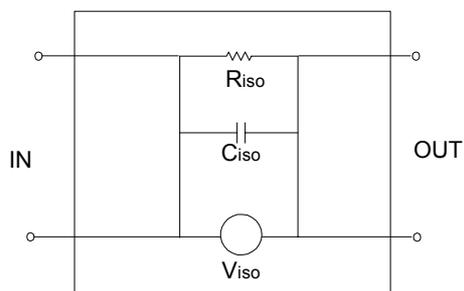
Circuito de test del Fairchild 4N25P. En el ejemplo, base y emisor están conectados:  $R_{BE} = 0$ ,  $R_L = 1K$ ,  $I_F = 2$  mA tenemos:



Observar el desfase de  $180^\circ$  entre entrada y salida

### 5.2.2.- CARACTERÍSTICAS

#### TENSIÓN E IMPEDANCIA DE AISLAMIENTO.



$V_{ISO}$ , suele especificarse para tiempos de 1s y de 1 minuto y habitualmente se sitúa por encima de los 5000 V. También se expresan la impedancia de aislamiento como el paralelo de  $R_{iso}$  con  $C_{iso}$ , en este caso  $0,5$  pF//100 G $\Omega$

**Ejemplo: Características de aislamiento del Fairchild 4N25**

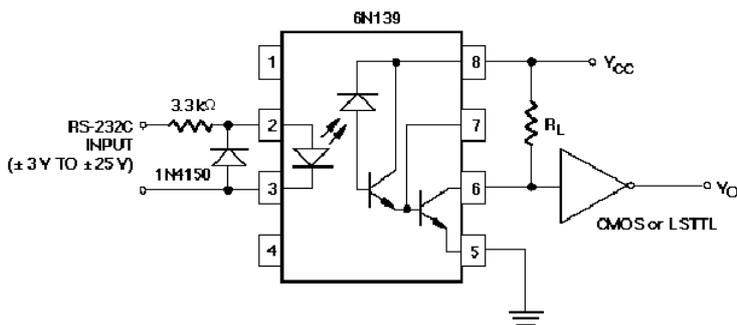
| Characteristic                 | Test Conditions                                 | Symbol    | Min       | Typ** | Max | Units     |
|--------------------------------|---|-----------|-----------|-------|-----|-----------|
| Input-Output Isolation Voltage | (Non-'M', Black Package) (f = 60 Hz, t = 1 min) | $V_{ISO}$ | 5300      |       |     | Vac(rms)* |
|                                | ('M', White Package) (f = 60 Hz, t = 1 sec)     |           | 7500      |       |     | Vac(pk)   |
| Isolation Resistance           | ( $V_{I-O} = 500$ VDC)                          | $R_{ISO}$ | $10^{11}$ |       |     | $\Omega$  |
| Isolation Capacitance          | ( $V_{I-O} = \emptyset$ , f = 1 MHz)            | $C_{ISO}$ |           | 0.5   |     | pF        |
|                                | ('M' White Package)                             |           |           | 0.2   | 2   | pF        |

Note  
 \* 5300 Vac(rms) for 1 minute equates to approximately 9000 Vac (pk) for 1 second  
 \*\* Typical values at  $T_A = 25^\circ\text{C}$

**5.2.3.- APLICACIONES**

- Reguladores de fuentes de alimentación
- Protección entradas digitales (microprocesadores)

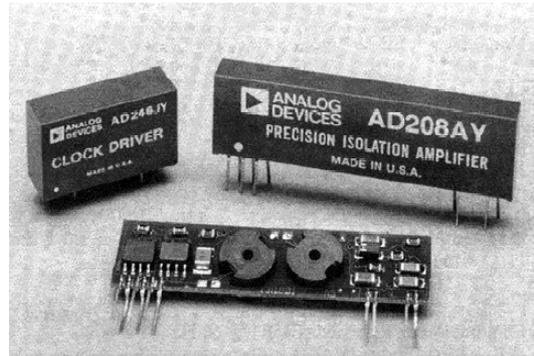
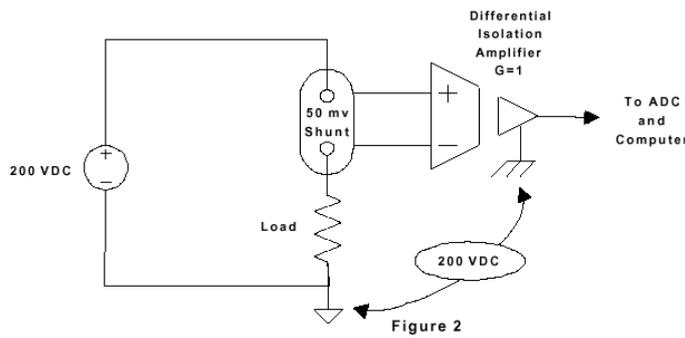
**AISLAMIENTO PUERTO RS-232**



### 5.3.- AMPLIFICADOR DE AISLAMIENTO (AA)

Amplificadores que rompen la continuidad ohmica entre su entrada y salida. Permiten:

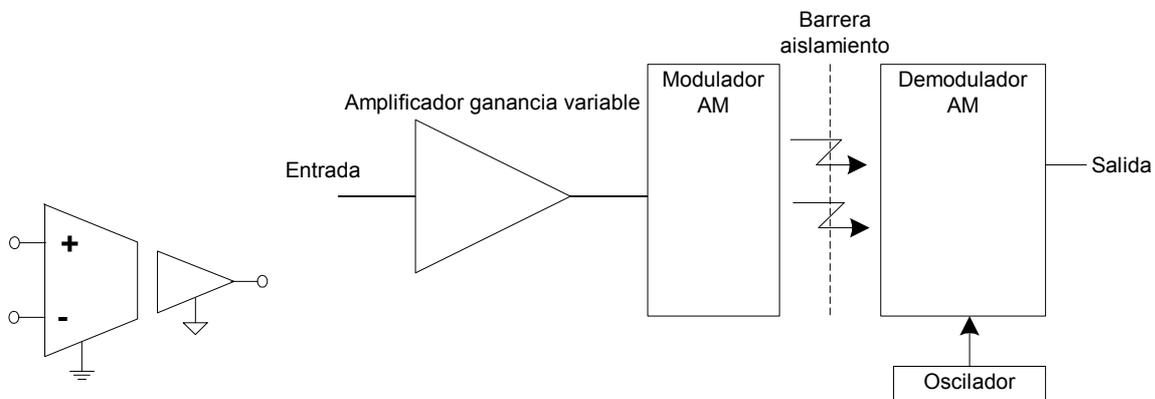
- Proteger la entrada de la salida: P. ej. Biometría
- Proteger la salida de la entrada: P. ej. Sistema de medida – Sistema potencia



#### 5.3.1.- FUNCIONAMIENTO

En la figura inferior observaremos el símbolo habitual utilizado para el Amplificador de Aislamiento (AA).

El diagrama simplificado de funcionamiento incluye la **modulación** de la entrada para “traspasar” la barrera de aislamiento. Posteriormente se produce la **demodulación** para finalmente obtener la salida.



En la siguiente figura podemos observar un diagrama de bloques de un AA real, el Burr-Brown ISO213 cuyo aislamiento es inductivo:

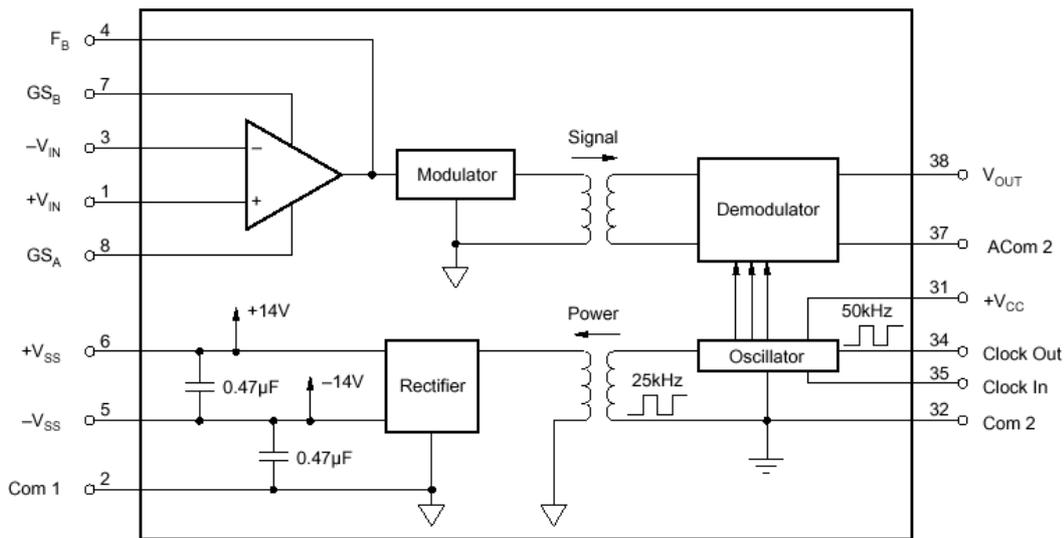
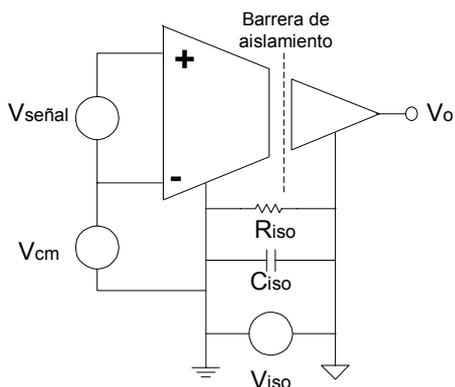


Diagrama simplificado de funcionamiento del Burr-Brown ISO213

**MODELO**



La barrera de aislamiento puede especificarse mediante la tensión de aislamiento  $V_{iso}$ , la resistencia parásita  $R_{iso}$  y la capacidad  $C_{iso}$ .

- También aparece el efecto del modo común representado por  $V_{cm}$ .
- $R_{iso}$  suele valer cientos de Gigaohms .
- $C_{iso}$  es normalmente menor de 10 pF,

☞ Observar que  $C_{iso}$  tiene un valor muy pequeño, pero a una frecuencia de 10 MHz, esta impedancia sería de tan solo 1,6 kΩ. La señal de 10 MHz podría tener su origen en los flancos de señales digitales de fuentes de alimentación conmutadas. Se puede acoplar ruido de alta frecuencia a través de esta capacidad.

### 5.3.2.- TIPOS DE ACOPLAMIENTO

Para acoplar entrada y salida, existen tres métodos principales: aislamiento inductivo, óptico y capacitivo:

#### 5.3.2.1.- Inductivo:

Contienen minitransformadores toroidales. (Véase foto anterior del Analog Devices AD208AY)

Por ejemplo, el modelo ISO213 de Burr-Brown tiene un trafo cuyo dieléctrico aguanta una tensión de ruptura de 3000 Vrms, sin embargo ofrece un ancho de banda de entre 200 Hz y 1 kHz dependiendo de la amplitud de la señal y la ganancia deseada.

#### 5.3.2.2.- Óptico

- Están basados en un conjunto LED-Fotodetector.
- Ofrecen mayor ancho de banda que los basados en transformador (P. ej. el ISO130 ofrece 85 kHz)

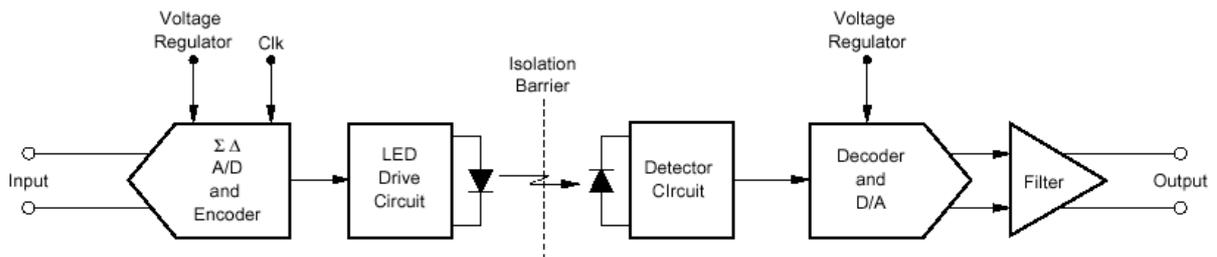


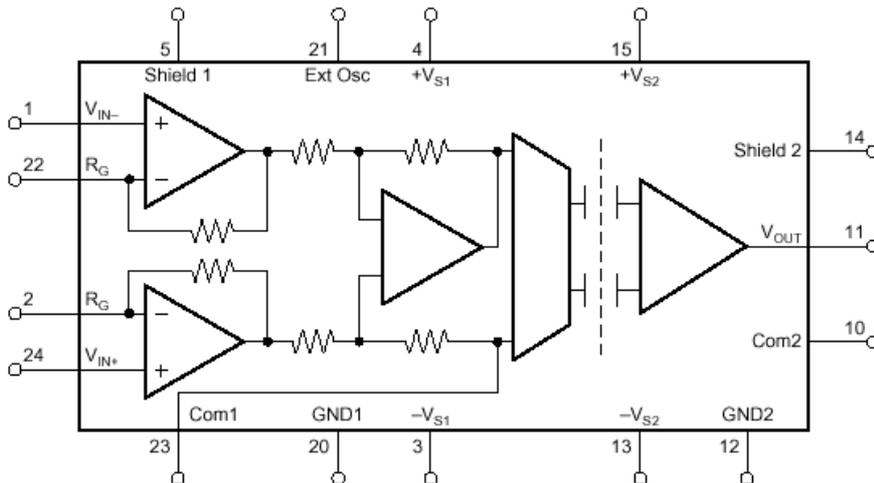
Diagrama simplificado de funcionamiento del Burr-Brown ISO130

Observar como la transmisión es digital. Conversión A/D → codificación → transmisión → decodificación → Conversión D/A → Filtrado paso-bajo (suaviza la señal).

### 5.3.2.3.- Capacitivo

Condensador serie

#### POR EJEMPLO EL ISO175



Esquema simplificado del amplificador de instrumentación con aislamiento ISO175

☞ Observar el amplificador de instrumentación formado por los tres AO, al que le sigue el aislamiento capacitivo.

- Al igual que los acoplados ópticamente, el proceso Modulación-Demodulación se realiza de forma digital, por lo que incluye A/D, D/A
- Ganancia ajustable mediante resistencia externa  $R_G$
- Impedancia de aislamiento =  $10^{14} \Omega // 6 \text{ pF}$

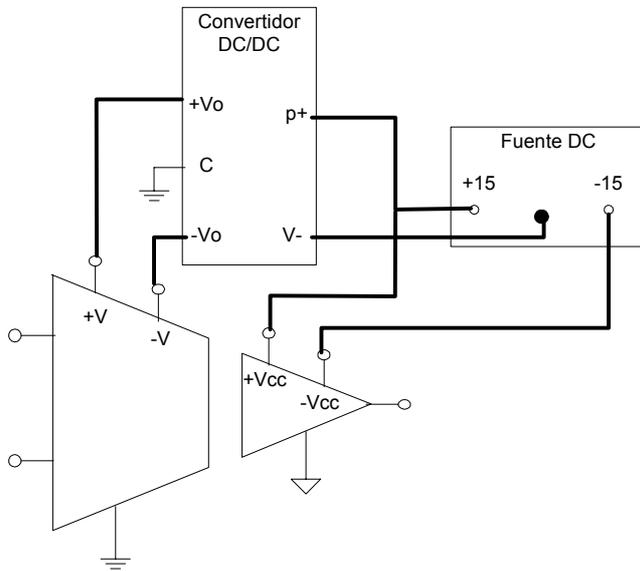
### 5.3.3.- ALIMENTACIÓN

Se necesita alimentación separada y aislada para entrada y salida, para lo que se utiliza un convertidor DC/DC. Este convertidor DC/DC puede estar incluido en el propio AA (interno) o proporcionarse de forma externa mediante un circuito específico.

#### CONVERTIDOR DC/DC EXTERNO

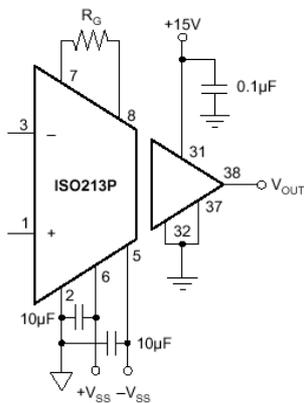
Por ejemplo, Burr-Brown fabrica el convertidor DC/DC BB722 para estos menesteres.

- Puede proporcionar doble salida bipolar aislada de una entrada unipolar.
- Tensión de aislamiento  $V_{iso} = 2000 \text{ V}$  continuos



Ejemplo de aplicación. Alimentación bipolar aislada entrada-salida de un amplificador de aislamiento.

**CONVERTIDOR DC/DC INTERNO**

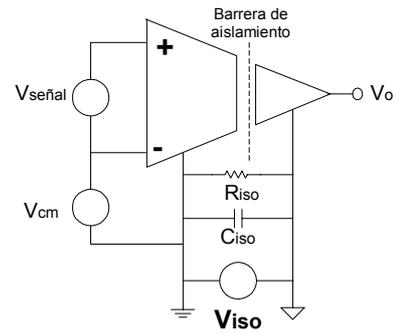


**Ejemplo:** Amplificador de aislamiento Burr-Brown ISO213.

- Incorpora un convertidor DC/DC que además tiene salidas (+Vss y -Vss) para que el usuario pueda alimentar otros elementos del sistema.
- Las salidas +Vss y -Vss presentan un rizado de 100 mVpp y frecuencia 25 KHz.
- Ganancia programable mediante RG

**5.3.4.- TENSIÓN DE MODO AISLADO**

Es decir la tensión entre las referencias de la entrada y la salida (en la figura Viso)



**ESPECIFICACIÓN DE VISO**

Suele especificarse de dos maneras, valor continuo y valor que soporta durante 1 minuto:

|                                |                      |                   |          |
|--------------------------------|----------------------|-------------------|----------|
| P.ej. <b>Burr-Brown ISO213</b> | 1 minuto DC = 2500 V | 1 minuto 50/60 Hz | = 2500 V |
|                                | Continuo DC= 2120 V  | Continuo 50/60 Hz | = 1500V  |

☞ Observar la diferencia de valores según la duración de la tensión Viso aplicada.

**5.3.4.1.- IMRR**

Relación de rechazo al modo aislado. (Isolation Mode Rejection Ratio)

La tensión Viso produce un error en la salida que se cuantifica mediante el IMRR:

$$\boxed{IMRR = Viso/Vo} \text{ cuando } V_D = V_{CM} = 0$$

- Empeora al aumentar la frecuencia

**FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA**

Incluye el efecto del modo común:

$$Vo = A_d \cdot V_d + \left[ A_{CM} \cdot V_{CM} + \frac{V_{iso}}{IMRR} \right]$$

La expresión entre corchetes cuantifica el error debido a Vcm y a Viso.

Si expresamos en función del CMRR, que es Ad/ACM nos quedará:

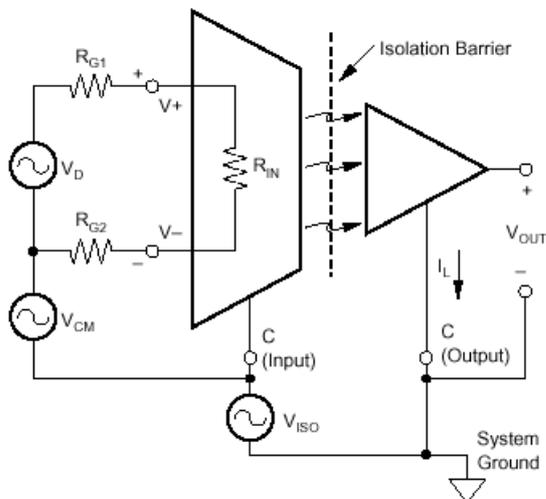
$$A_d \cdot \left( V_d + \frac{V_{CM}}{CMRR} \right) + \frac{V_{iso}}{IMRR}$$

En la ecuación quedan reflejados la tensión diferencial y los errores debidos al modo común y al modo aislado.

Por ejemplo el Burr-Brown ISO213 especifica: Ganancia =  $(1 + 50k\Omega / R_G) / 2$

➤ **Propuesto:** El arranque de los motores de una fábrica produce un pico de tensión de 2500 V en la instalación eléctrica. Este pico se traduce en diferencia de potencial entre la toma de tierra de dichos motores y la de un equipo de medida aislado mediante el BB3650. Si el rango de  $V_{out}$  debe ser de  $\pm 5$  V y el rango de la entrada es de  $\pm 50$  mV procedente de un puente de Wheatstone alimentado a +10V:

- Dibujar el circuito.
- Hallar el valor de  $R_{IN}$ ,  $R_{G1}$  y  $R_{G2}$
- ¿Cuál es el error relativo en la medida durante esos picos?



$$V_{OUT} = \frac{10^6}{R_{G1} + R_{G2} + R_{IN}} \left[ V_D + \frac{V_{CM}}{CMRR} \right] + \frac{V_{ISO}}{IMRR}$$

**Amplificador de aislamiento óptico Burr-Brown 3650:**

Isolation Voltage  
 Rated Continuous, min 2000Vp or VDC  
 Tested Voltage, min, 10s Duration 5000Vp

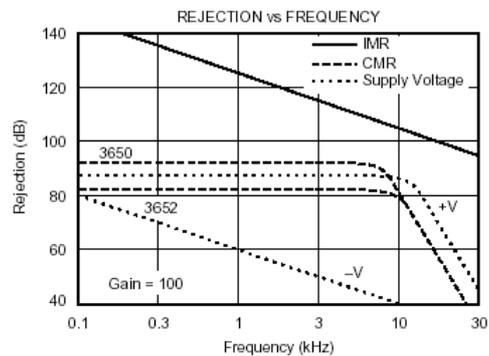
$V_{iso_{max}} = 2000$  Vp ó VDC de forma continuada.

5000 Vp durante 10 s

$R_{IN} = 25 \Omega$

IMRR = 140 dB en DC

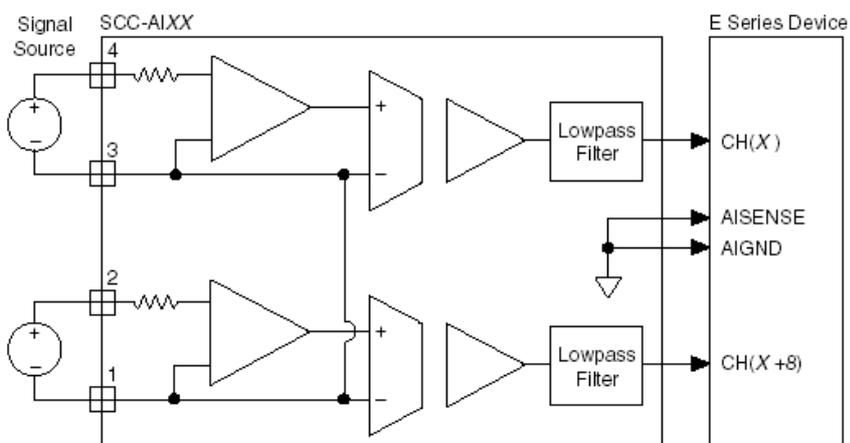
120 dB a 60 Hz



### 5.3.5.- APLICACIONES

- Biometría
- Control de motores y de SCR
- Medida de corriente en motores
- Aislamiento de sensores Termopares, RTDs, puentes de Wheastone, etc.
- Eliminación de bucles de tierra

#### 5.3.5.1.- Protección de sistemas de adquisición de datos y equipos de test.



☞ Módulo acondicionador de National Instruments enchufable a tarjetas de adquisición de datos. El aislamiento protege el ordenador de daños debidos a tensiones elevadas.

- ☞ **Propuesto:** ¿Cuál es la misión de los filtros pasobajo de la figura?. ¿Qué configuración de entrada analógica debe realizarse en la tarjeta de adquisición de datos: diferencial o unipolar?