

# ELECTRÓNICA MICROCONTROLADA

Docentes: Ing. Jorge E. Morales, Téc. Gonzalo Vera.

## Grupo 8

□ Schafrik Maria Victoria

□ Milianovich Lorena

□ Vera Emilio Andres

□ Rojas Jorge Daniel

□ Rojo Pedro Omar

□ Narvaez Juan Carlos

## Practico 4 - Shields

### **b) Que son los sensores resistivos? Como se conectan a través de un divisor resistivo? Que es el acondicionamiento de señales?**

Los sensores moduladores del tipo resistivos, son aquellos que varían una resistencia en función de la variable a medir. Se ha realizado una clasificación de estos sensores en función de la variable a medir, tal como refleja la tabla siguiente:

Variable a medir	Sensor resistivo
Mecánica	Potenciómetros y galgas extensométricas
Térmica	Termorresistencia y termistores
Magnética	Magnetorresistencia
Optica	Fotorresistencia
Química	Higrómetro resistivo

#### -Potenciómetros (Variables mecánicas)

El potenciómetro es un sensor utilizado para medir la variable mecánica desplazamiento, y consiste de un dispositivo con dos partes y tres terminales.

Una de las partes es una resistencia fija descubierta la cual puede ser de carbón o de hilo arrollado.

La otra parte es un contacto móvil que se desplaza por la resistencia fija.

En Teoría, para un conductor cualquiera, su resistencia viene dada por:

$$R = \frac{\rho}{A} l \quad (1)$$

Donde:

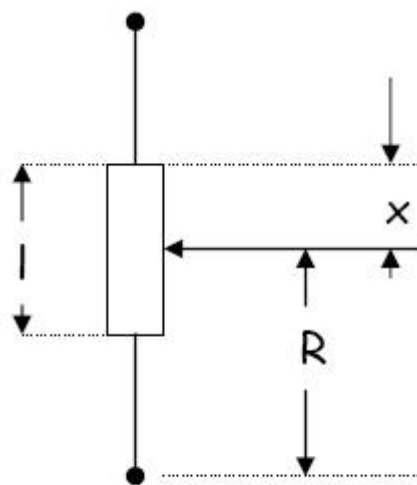
$\rho$  = Resistividad del material ( $\Omega\text{m}$ )

$A$  = Sección transversal

$l$  = Longitud del conductor.

En la figura siguiente se muestra el modelo de un potenciómetro. Si se denomina  $x$  a la distancia recorrida por el curso, la resistencia obtenida será:

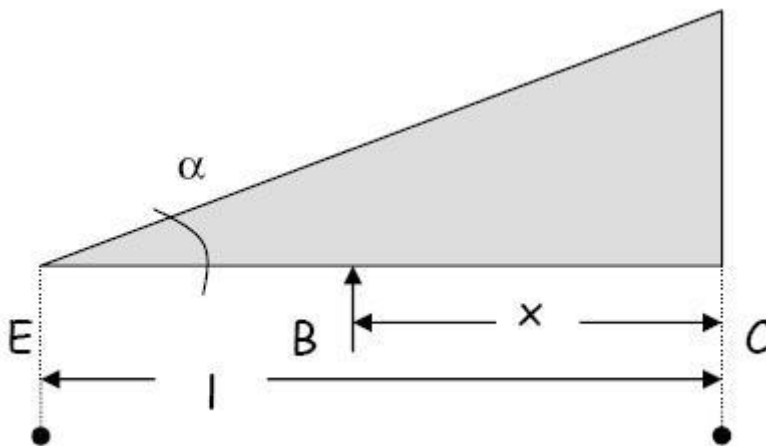
$$R = \frac{\rho}{A} (l - x) \quad (2)$$



El problema de este tipo de sensor es:

- a. Varía con la temperatura.
- b. Varía con la deformación de la sección transversal, causada por la presión o fuerzas ejercidas sobre el.
- c. El contacto del cursor origina desgaste, modificando la sección transversal.

Pueden ser lineales, como la figura mostrada anteriormente, o no lineales como el siguiente:



En este último caso, la resistencia fija entre  $E$  y  $C$  está formada por una sección triangular variable de hilo arrollado. Este hilo tiene una sección  $A$  y diámetro  $D$ .

La ecuación de su resistencia es ahora:

$$R_{EB} = \frac{\rho}{A} \frac{(l-x)(l-x) \operatorname{tg} \alpha}{2D} \quad (3)$$

Los potenciómetros pueden dar una salida analógica, si la resistencia fija es de carbón, o digital, si la resistencia fija está formada por hilo arrollado.

El potenciómetro se utiliza para medir preferiblemente desplazamientos, conectando el objeto de medición a su cursor. Sin embargo, puede ser utilizado para medir otras variables de forma

indirecta, cuando estas generen desplazamientos en otros dispositivos.

Por ejemplo:

- a. Se puede utilizar para medir presión, si se conecta el cursor al extremo de un tubo Bourdon.
- b. Para medir nivel en líquidos conductores o no conductores.
- c. Para medir temperatura si se conecta al extremo de un medidor de bulbo y capilar.

En los casos a y c se utiliza para generar una señal eléctrica. Mientras que en el caso b es el elemento primario.

#### Galgas extensiometricas:

Las galgas son sensores basados en el efecto piezoresistivo, es decir, en la propiedad que tienen algunos materiales de cambiar su resistencia al ser sometidos a un esfuerzo o estrés mecánico. Estos elementos se pueden usar para medir deformación, presión o carga, por lo cual son utilizados en células de carga y transductores de presión y par. Su fabricación consiste en una estructura geométrica impresa en una fina lámina metálica sobre una base flexible.

#### Sensores capacitivos:

Son aquellos en los que la variable a medir se ve reflejada en un cambio en la capacitancia de un elemento, ya sea por una alteración de la constante dieléctrica o en la estructura del elemento. Hay muchas variables que pueden ser medidas por este tipo de sensores, como movimiento, campos eléctricos y composiciones químicas, pero algunos de los que tienen una utilización más amplia son los sensores de proximidad, los sensores táctiles y los acelerómetros, por lo cual hablaremos brevemente de ellos.

- a. Sensores capacitivos de proximidad: Este tipo de sensores no está diseñado para medir un valor específico de distancia, sino que simplemente se activan ante la presencia cercana de un

objeto. Esto se logra mediante un capacitor cuya capacitancia se ve afectada cuando un material penetra el campo magnético que este genera. Esto es posible cuando el objeto que se acerca tiene una constante dieléctrica superior a la del aire; sí la magnitud del cambio generado en la capacitancia está en función de las características dieléctricas del material y de su volumen, densidad y compacticidad. Estos sensores pueden detectar tanto materiales metálicos como no metálicos (a diferencia de los sensores de proximidad inductivos que sólo pueden detectar elementos metálicos).

El capacitor que forma el elemento sensor está conectado en un circuito resonante de forma que, al aumentar la capacitancia, el circuito entra en resonancia. Después del circuito resonante se encuentra una etapa de acondicionamiento para definir el nivel de trigger en el que la señal cambia de nivel para indicar la presencia del objeto.

b) Sensores capacitivos táctiles: Esta forma de medición se utiliza en los sensores "touch" y las pantallas táctiles de dispositivos móviles como celulares y tablets. Hay varios tipos y formas de construcción, muchas pantallas táctiles constan de un material tal como el vidrio cubierto de una película de algún material conductor (tal como óxido de indio y estaño) y es polarizado en las esquinas de la pantalla. Cuando algún elemento conductor (tal como el dedo humano) entra en contacto con la pantalla altera el campo eléctrico, lo cual se refleja en un cambio en la capacitancia. Puede imaginarse como que el dedo está formando una especie de capacitor y el cuerpo humano está actuando como una especie de tierra virtual.

c) Acelerómetros capacitivos: Si bien hay muchas formas de construir elementos para sensado de la aceleración, una de ellas es el uso de elementos capacitivos. En estos sensores se tiene placas metálicas que varían su posición relativa en respuesta a una aceleración aplicada.

## Acondicionamiento de sensores resistivos

Los sensores resistivos deben ser conectados a circuitos de interfaz adecuado para poder aprovechar o medir el parámetro variado.

Tradicionalmente no se suele medir la resistencia que varía, sino la variación de otro parámetro que depende de esta, como la tensión, la corriente o la frecuencia.

En este capítulo nos centraremos en los circuitos de interfaz tradicionales, dejando la salida casi-digital o digital a capítulos posteriores.

Los métodos de acondicionamiento se clasificarán en tres grupos:

- a. Divisor de tensión.
- b. Puente de Wheatstone
- c. Amplificadores para puente de sensores.

Si en forma general se representa la variación de resistencia en un sensor resistivo como;

$$R = R_0(1 + x) \quad (22)$$

El margen de variación de estos medidores puede representarse como:

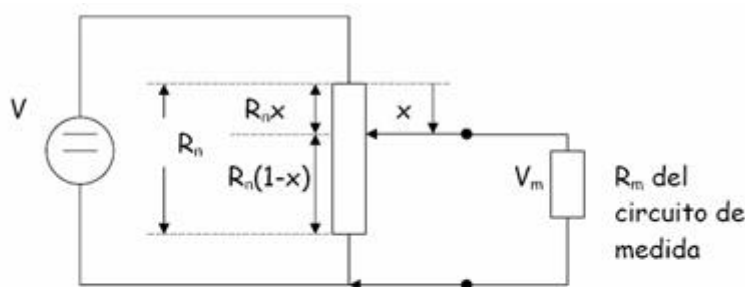
Sensor	Margen
Potenciómetro	$0 < x < 1$
RTD y Termistor	Intermedio
Galgas	$10^{-3} < x < 10^{-2}$

Todos estos sensores necesitan una alimentación eléctrica y presentan el problema que el autocalentamiento influye en la medida.

## -Divisor de Tensión:

Un divisor de tensión es una interfaz formada por una combinación serie de un resistor y un sensor, alimentados por una fuente de fija de tensión o corriente. Puede darse el caso que el sensor forme conforme la asociación serie de estos dos dispositivos.

En la siguiente figura se puede observar la aplicación de esta interfaz al caso de potenciómetros.



La ecuación del circuito será:

$$V_m = V \frac{R_n(1-x) \parallel R_m}{R_n - R_n(1-x) + R_n(1-x) \parallel R_m} = V \frac{1-x}{(1-x)x \frac{R_n}{R_m} + x + (1-x)} \quad (23)$$

Si  $K = R_m/R_n$  y  $\alpha = 1-x$ , entonces

$$V_m = V \frac{\alpha}{\frac{\alpha(1-\alpha)}{K} + 1} \quad (\text{demostrar}) \quad (24)$$

Esta ecuación demuestra que el sistema será lineal solo si  $K$  tiende a  $\infty$ , lo cual ocurrirá si  $R_m \gg R_n$

Antes de continuar se debe destacar que la no linealidad en si debe representar un error.

Por ejemplo, un sensor no lineal dará una respuesta no lineal que no debe ser interpretada como un error de medida. En cambio, si un sensor lineal modifica su característica de salida por culpa de la interfaz, entonces si se puede hablar de error. El caso actual es un ejemplo de este tipo de errores.

Para calcular este error, tomemos en cuenta que:

Valor ideal =  $R_m$  tiende a  $\infty$ , por tanto,  $K$  tiende a  $\infty$ , por lo que  $V_i = V(1-x)$

Valor real o medido =  $V_m$  de la ecuación (24),

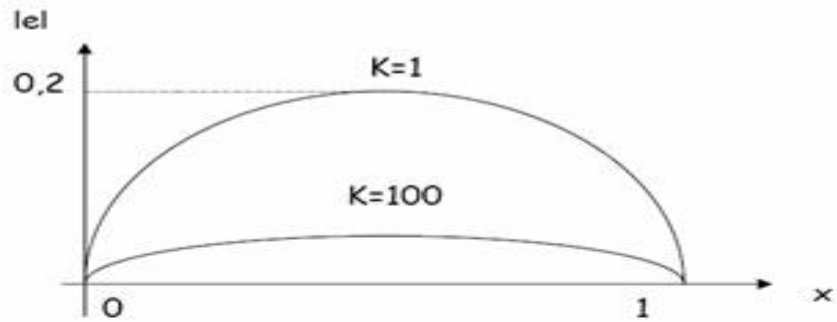
El error será:

$$e = \frac{V_m - V_i}{V_i} = \frac{V \frac{\alpha K}{\alpha(1-\alpha) + K} - V\alpha}{V\alpha} = -\frac{(1-x)x}{(1-x)x + K} \quad (25)$$

El error será máximo cuando

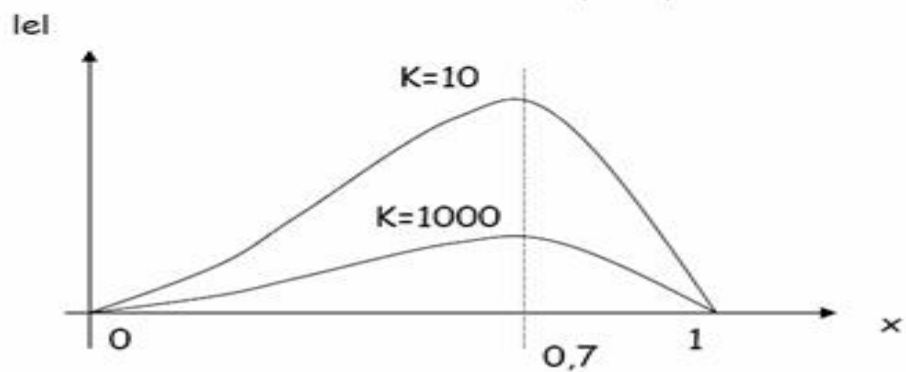
$$\frac{de}{dx} = 0 \Rightarrow 1 - 2x = 0 \therefore x = 0,5 \quad (26)$$





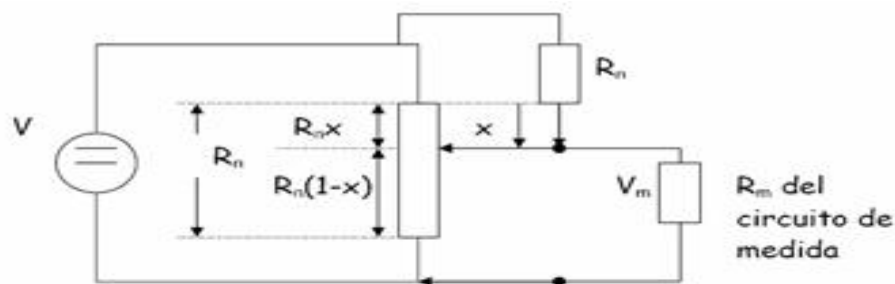
El error absoluto a fondo escala será:

$$e = \frac{V_m - V_i}{V} = \frac{-x(1-x)^2}{K + x(1-x)} \quad (27)$$

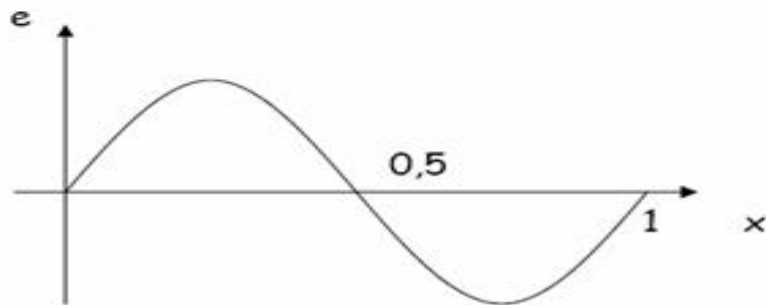


Puede observarse que el problema de esta interfaz se centra en el efecto de carga que introduce el medidor ( $R_m$ ). Una forma de corregirlo es usando medidores con  $R_m$  muy grande.

Otra forma es usando una  $R_m$  adicional tal y como muestra la siguiente figura



¿Cuanto vale  $V_m$ , y el error de media?  
Revisar según el libro

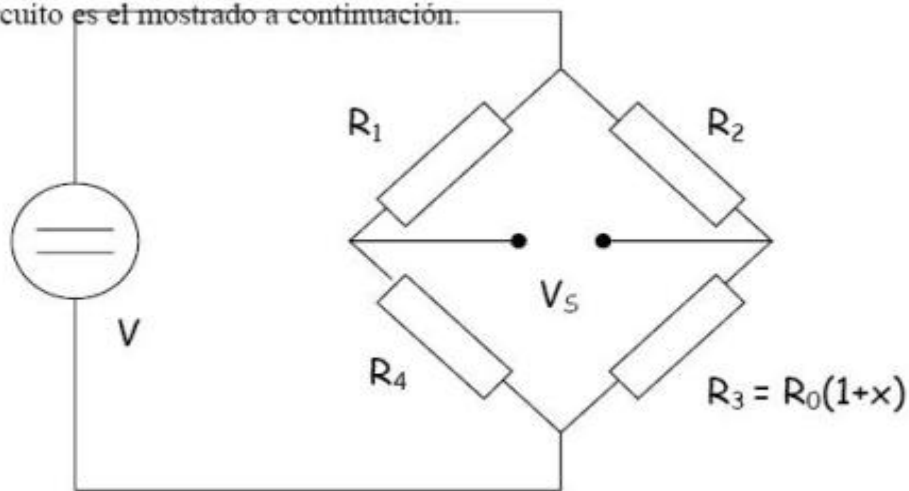


En el caso de que se quiera aplicar esta interfaz a termistores, será necesario utilizar un resistor en serie con el termistor, y medir la caída de tensión en este resistor, a fin de compensar en parte la no linealidad del sensor.

-Puente de Wheatstone:

El puente de Wheatstone es un dispositivo orientado a corregir parte del problema que presenta la configuración anterior:  
Linealidad y sensibilidad.

El circuito es el mostrado a continuación.



Idealmente,

$$\frac{R_3}{R_2} = \frac{R_4}{R_1} \Rightarrow R_3 = \frac{R_4}{R_1} R_2 \quad (34)$$

2

En la práctica,

$$\frac{R_3 + a}{R_2 + a} = \frac{R_4}{R_1} \Rightarrow R_3 = \frac{R_4}{R_1} (R_2 + a) - a \quad (35)$$

¿Cómo medir la salida de un puente?

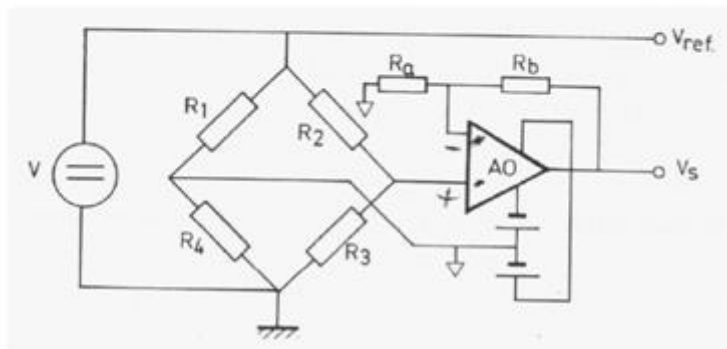
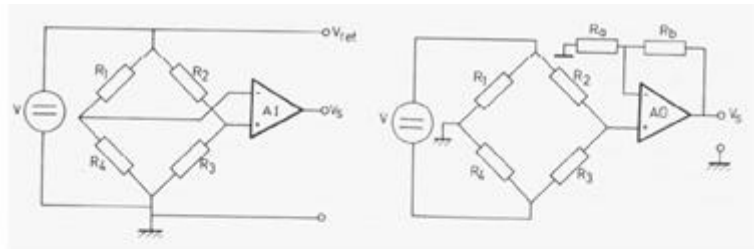
Veamos estas alternativas:

- Mediante un galvanómetro, aunque este tiene el problema de su baja resistencia.
- Con un Osciloscopio se tiene el problema que no posee entradas diferenciales.
- Con un Multímetro digital puede resultar muy costoso.

Una alternativa que nos queda es usar amplificadores.

-Amplificadores:

En la siguiente pagina pueden verse algunas posibles configuraciones de operacionales para medir en el puente de Weatstone.



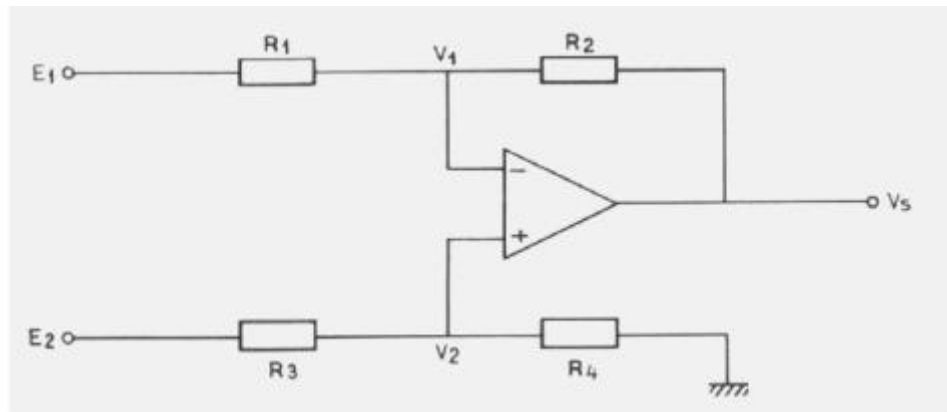
La figura a recoge la conexión de un amplificador de instrumentación. En la figura b se conecta un amplificador operacional. Como la fuente es flotante, se puede conectar el operacional a tierra. En la figura c. Se obtiene un operacional con una fuente diferente de la que alimenta al puente.

Cuando el puente esta conectado a tierra. No es recomendable que el operacional o amplificador esté conectado a la misma tierra.

A continuación veremos algunas posibles configuraciones.

Amplificador diferencial:

El amplificador diferencial es un dispositivo como el mostrado en la figura



Donde

$$V_S = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{R_4}{R_3 + R_4} E_2 - \frac{R_2}{R_1} E_1 \quad (39)$$

1

Si las resistencias son iguales se puede deducir que

$$V_S = E_2 - E_1 \quad (40)$$

Pero lograr este apareo de resistencia es difícil, por lo que su capacidad de rechazar las señales de modo común no será infinita.

Expresemos la ecuación (39) de la forma

$$V_S = G_C E_C + G_D E_D \quad (41)$$

Para que la ganancia en modo común sea cero se necesita que el coeficiente del primer término sea cero, lo cual se cumplirá solo si

$$\frac{R_4}{R_3} = \frac{R_2}{R_1} \quad (44)$$

La capacidad que tiene un dispositivo para rechazar esta ganancia de modo común se denomina CMRR, y en este caso será:

$$CMRR = \frac{G_D}{G_C} = \frac{1}{2} \left[ \frac{R_1 R_4 + R_2 R_3 + 2 R_2 R_4}{R_1 R_4 - R_2 R_3} \right] \quad (45)$$

Este dispositivo puede ser conectado al puente directamente desde sus terminales  $e1$  y  $e2$ , pero también desde los puntos  $v1$  y  $v2$ .

-Amplificadores de Instrumentación

Se denomina amplificador de instrumentación a aquel dispositivo que tenga simultáneamente alta impedancia de entrada, alto rechazo del modo común, ganancia estable y variable con una sola resistencia, y que no se contraponga ganancia-ancho de banda, tensión y corriente de fugas bajas, bajas derivas, impedancia de salida baja.