

Sensores y Laboratorio 2019-I

Ing. Juan Ricardo Clavijo Mendoza MSc.

Sensores Generadores

Sensores Generadores

- Termoelectricidad (*Thermoelectricity*).
- Piezoelectricidad (*Piezoelectricity*).
- Piroelectricidad (*Pyroelectricity*).
- Efecto fotovoltaico (*Photovoltaic effect*).

Sensores Generadores

Se conocen tres efectos
termoeléctricos:

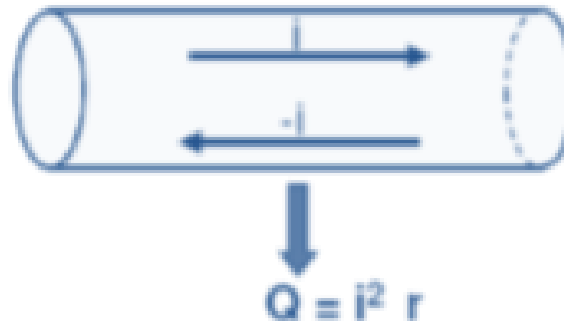
{ Efecto Joule
Efecto Thompson
Efecto Peltier } Efecto Seebeck

EFFECTO JOULE

Transformación de la energía eléctrica en calor en un conductor cuando circula una corriente eléctrica a través de él:

$$Q = I^2 r$$

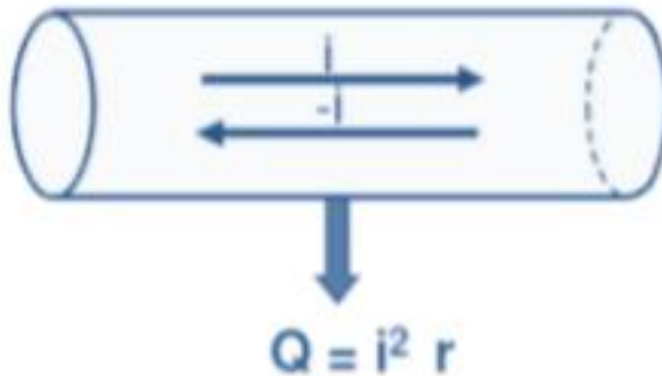
en la que Q es el calor producido por unidad de tiempo



Sensores Generadores

EFFECTO JOULE

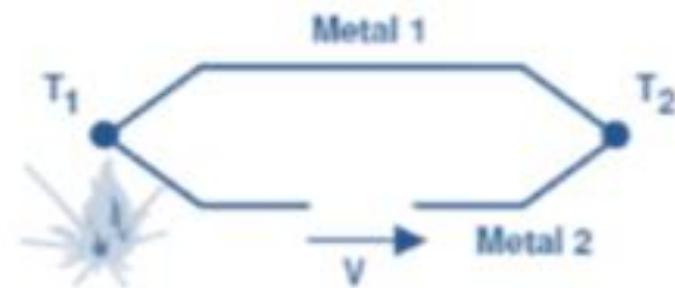
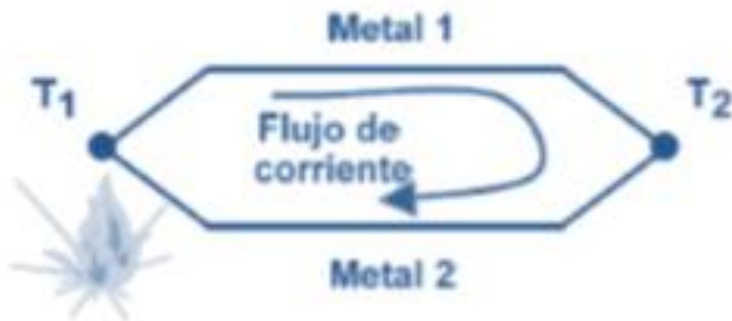
El efecto Joule es irreversible, es decir, no se puede invertir el sentido del calor al invertir el sentido de la intensidad y por lo tanto siempre se produce calor al circular una corriente independientemente del sentido de la misma.



FUNDAMENTOS

EFFECTO SEEBECK

El efecto termoelectrico generador fue descubierto en 1821 por *Thomas J. Seebeck* cuando observó que en un circuito cerrado formado por dos conductores distintos cuyas uniones se encuentran a dos temperaturas diferentes T_1 y T_2 se genera una corriente proporcional a $T_1 - T_2$. Al abrir el circuito se genera una tensión entre los extremos.



FUNDAMENTOS

EFFECTOS PELTIER Y THOMPSON

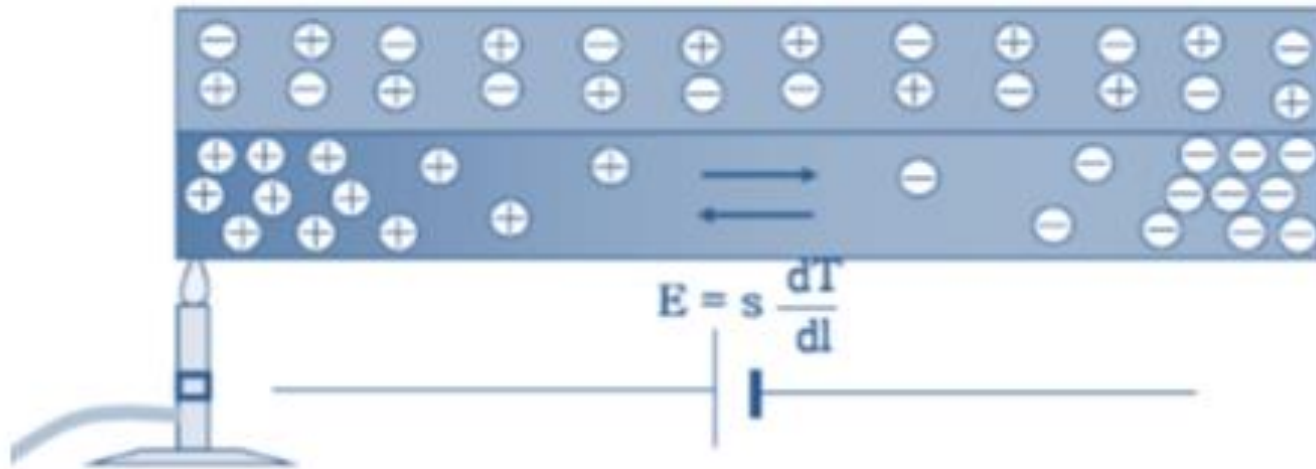
Posteriormente Peltier y Thompson descubrieron que dicha tensión se debía a la suma de dos efectos:

- Efecto Thompson en un metal homogéneo
- Efecto Peltier entre dos metales distintos

A diferencia del efecto Joule, los efectos Peltier y Thompson son reversibles.

EXPLICACIÓN DEL EFECTO THOMPSON

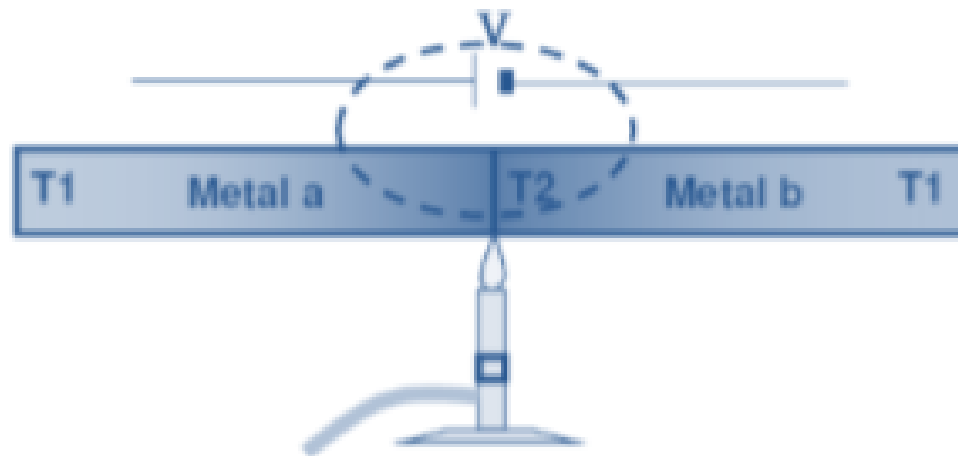
Un metal homogéneo tiene las cargas distribuidas uniformemente y el campo eléctrico resultante es nulo. Al calentar uno de sus extremos, los electrones de la zona caliente pasan a órbitas mas alejadas del núcleo y además algunos quedan libres y forman una nube electrónica que se aleja de la zona caliente por difusión.



EFEECTO PELTIER

Fue descubierto en 1834 por Jean Peltier.

Cuando la soldadura (unión) de dos metales distintos se calienta, se produce una diferencia de potencial entre los extremos libres de los mismos. A esta unión de dos metales se la denomina termopar.



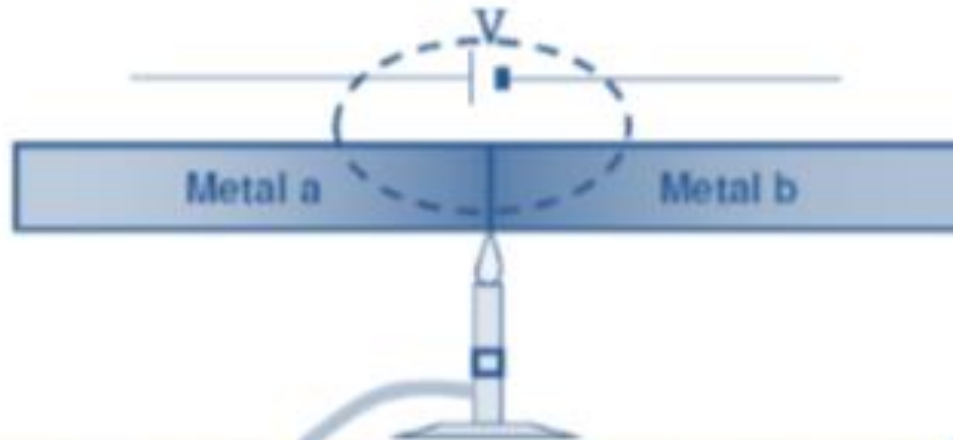
Sensores Generadores

EFECTO PELTIER

El voltaje del circuito abierto es proporcional a la diferencia de temperaturas ($T_a - T_b$) y a la diferencia de los coeficientes Peltier de ambos metales ($P_a - P_b$), de acuerdo con la ecuación:

$$V = (P_a - P_b) (T_2 - T_1)$$

La tensión V es del orden del $\mu V/^{\circ}C$, o de decenas de $\mu V/^{\circ}C$ para termopares metálicos en los cuales la diferencia de temperatura puede llegar a ser de $1000^{\circ}C$.

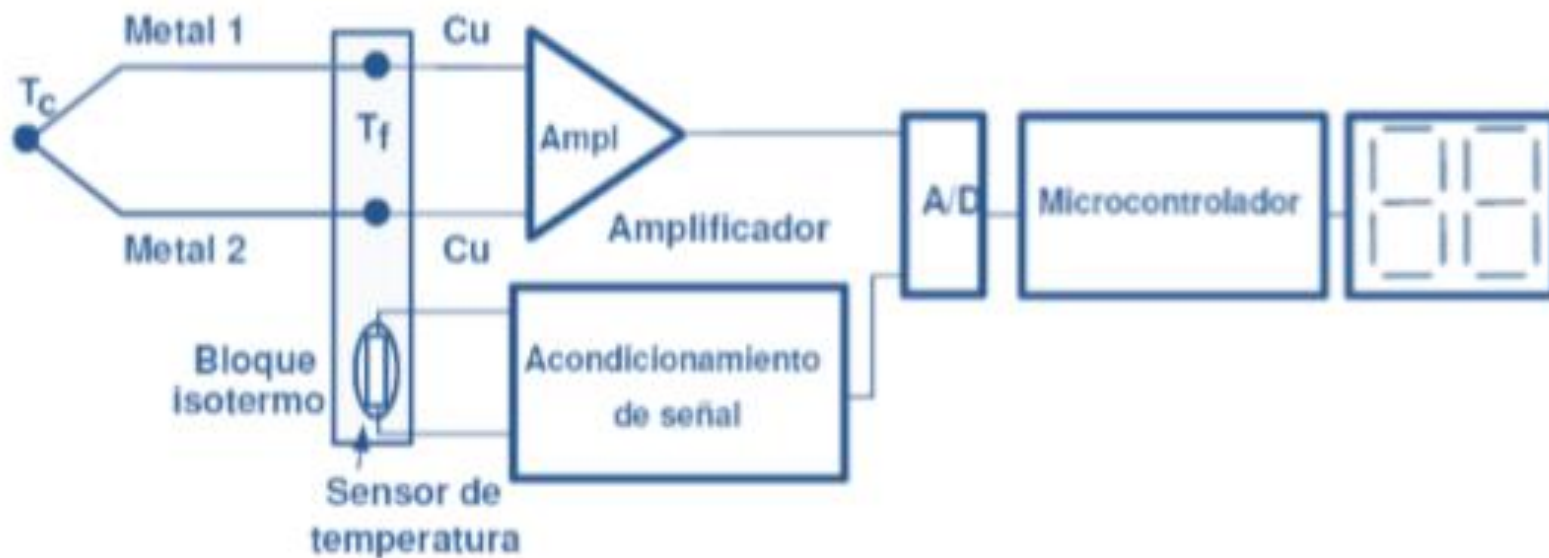


Sensores Generadores

Tipo	Composición (terminal positivo - negativo)	Campo de medida recomendado	Sensibilidad (a 25°C)
J	Fe - Constantán*	0 a 760°C	51,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
K	Cromel* - Alumel*	-200 a 1250°C	40,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
N	Nicrosil* - Nisil*	0 a 1260°C	26,5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
T	Cu - Constantán	-200 a 350°C	41,0 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
R	13%Pt 87%Rh - Pt	0 a 1450°C	6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
S	10%Pt 90%Rh - Pt	0 a 1450°C	6 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
B	30%Pt 70%Rh - 6%Pt 94%Rh	800 a 1800°C	9 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (a 1000 °C)

CIRCUITO BÁSICO DE ACONDICIONAMIENTO

La temperatura de la unión fría se puede medir mediante un sensor de temperatura (Por ejemplo una Pt100) y junto con la medida de la temperatura de la unión caliente se pueden aplicar a un convertidor analógico/digital cuya salida se conecta a un puerto de un microcontrolador.

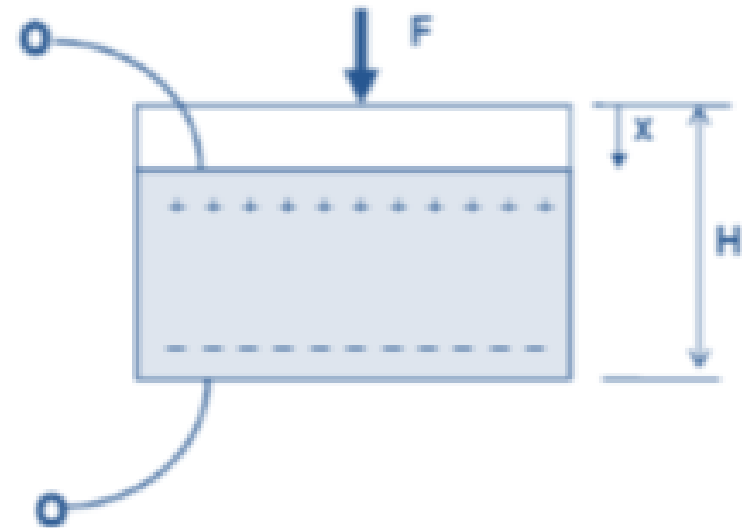


La piezoelectricidad (piezo, del griego apretar) fue descubierta por *Jacques y Pierre Curie* en 1880.

Es la propiedad de ciertas sustancias naturales, como por ejemplo el cristal de cuarzo y la sal de Rochelle, en las que se generan cargas eléctricas al someterlas a una fuerza que las deforma.

Materiales piezoeléctricos más utilizados:

- Naturales:
 - Cuarzo
 - Turmalina
- Sintéticos:
 - Titanato de bario
 - Titanato-circonato de plomo (PZT).



Sensores Generadores

Los sensores piezoelectricos están basados en la piezoelectricidad, es decir que al aplicarles una fuerza generan una carga entre los dos electrodos situados en cada una de las caras.

El modelo que describe su comportamiento al someterlo a una fuerza F , tiene una componente inercial, una viscosa y una elástica, en la cual

m es la masa del cristal

r es el coeficiente de rozamiento

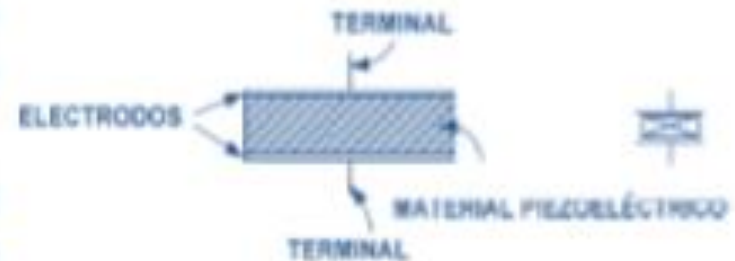
s es el coeficiente elástico

x es la deformación

El efecto piezoeléctrico genera una carga:
en la cual

x es la deformación total

e es el espesor del material piezoeléctrico.



$$F = m \frac{d^2 x}{dt^2} + r \frac{dx}{dt} + sx$$

$$q = \frac{k' x}{e} = kx$$

Si el sensor se cortocircuita se produce una corriente eléctrica i que es proporcional a la velocidad de cambio de x y por lo tanto es nula si x es constante.

Sustituyendo la expresión de i en la de F resulta:

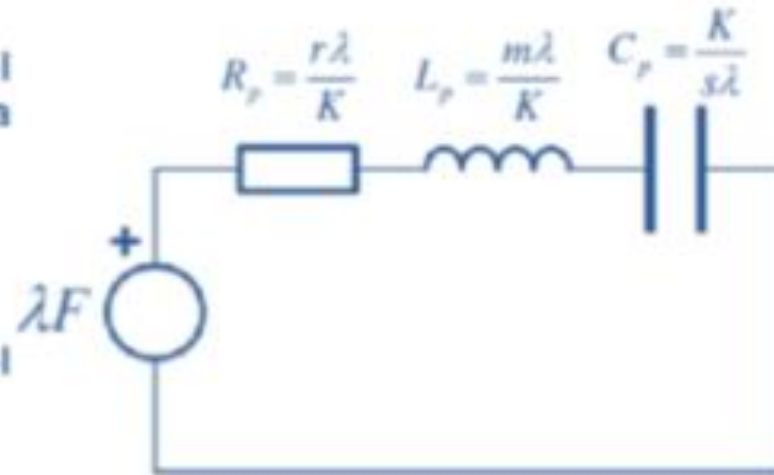
$$F = \frac{m}{K} \frac{di}{dt} + \frac{r}{K} i + \frac{s}{K} \int i dt$$

que se puede representar mediante el circuito eléctrico análogo de la figura, en la cual:

$$\lambda = \frac{V}{F}$$

y C_p es la capacidad total equivalente del dispositivo.

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{k'}{e} \frac{dx}{dt} = K \frac{dx}{dt}$$

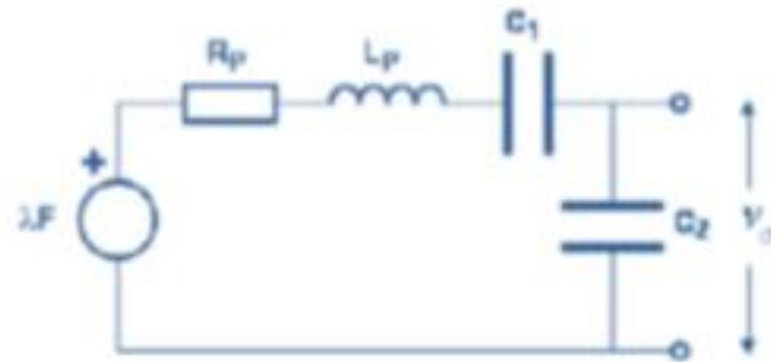


Sensores Generadores

La capacidad C_p se puede considerar dividida en una parte C_1 y otra, que corresponde a la capacidad que hay entre las placas entre las que se coloca el cristal piezoeléctrico, como se indica en el circuito.

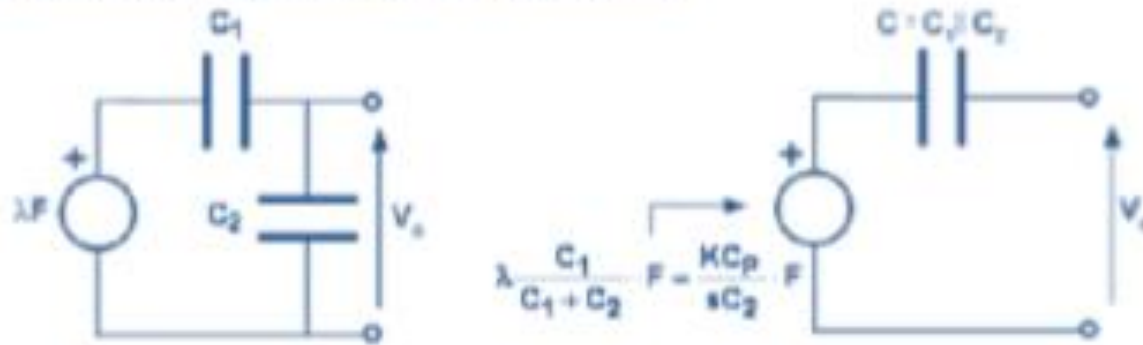
A partir de ese circuito, teniendo en cuenta que C_2 es mucho mayor que C_1 , se obtiene la función de transferencia:

$$V_o = \frac{ke}{\epsilon A} \frac{1}{\sqrt{(s - \omega^2 m)^2 + \omega^2 r^2}} F$$

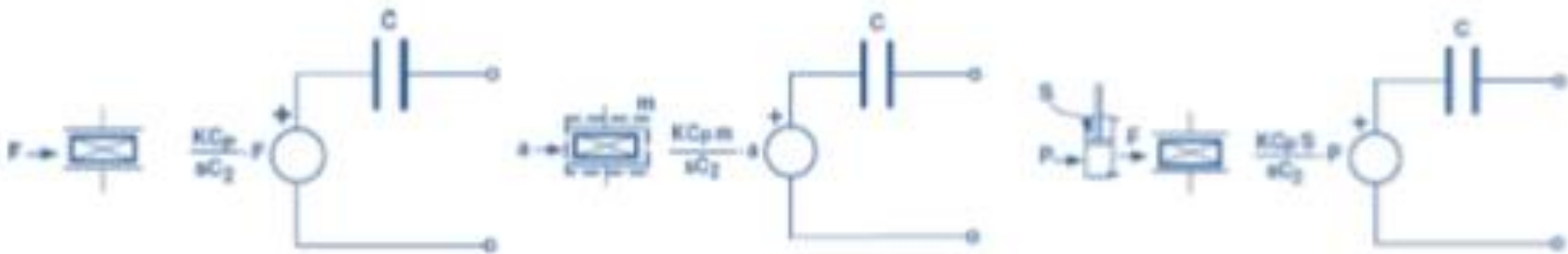


Sensores Generadores

A partir de la función de transferencia se deduce que en la zona en la que V_o/F es constante el circuito equivalente del sensor es:

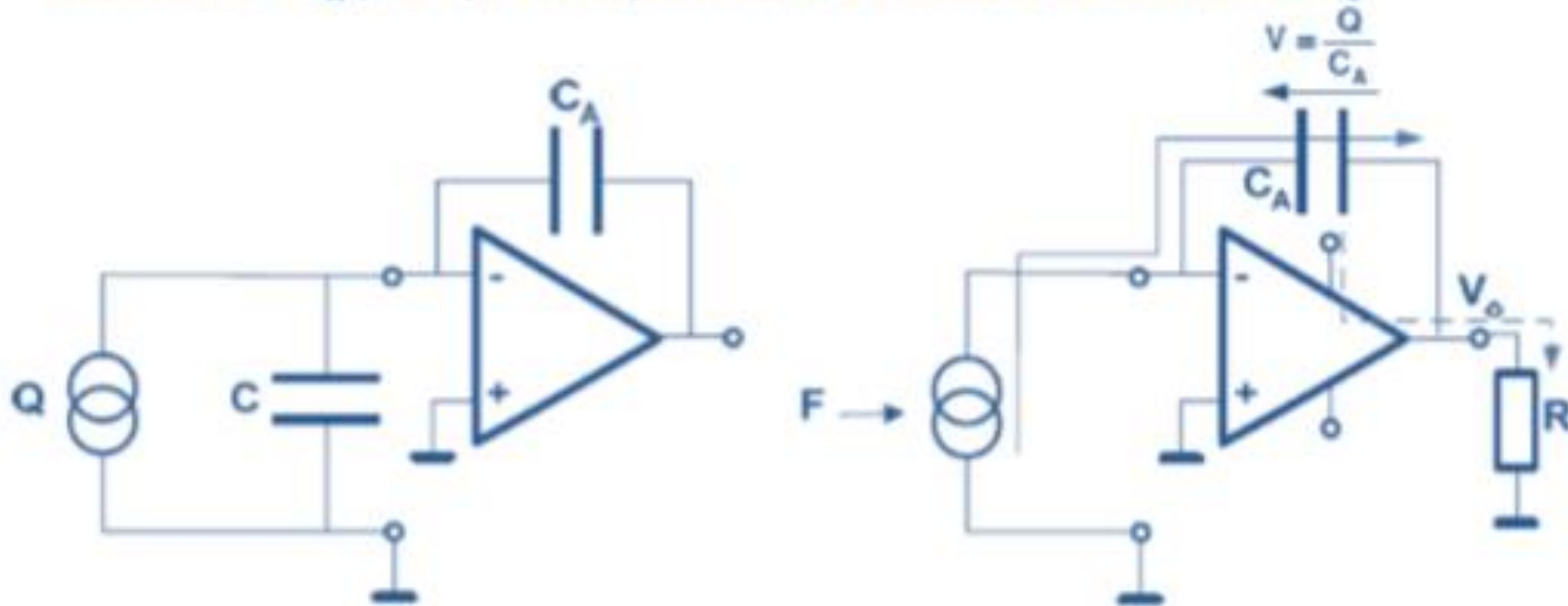


Los sensores piezoeléctricos se pueden utilizar para medir fuerza (F), aceleración (a) y presión (P).



CIRCUITO DE ACONDICIONAMIENTO

Se utilizan amplificadores de carga que son amplificadores cuya impedancia de entrada es un condensador C_A que proporciona una impedancia elevada a baja frecuencia. La carga generada en el sensor piezoeléctrico se almacena en el condensador C_A para que el amplificador la convierta en una tensión V_o .



Sensores Generadores



Sensores Generadores



Sensores Generadores



PIROELECTRICIDAD

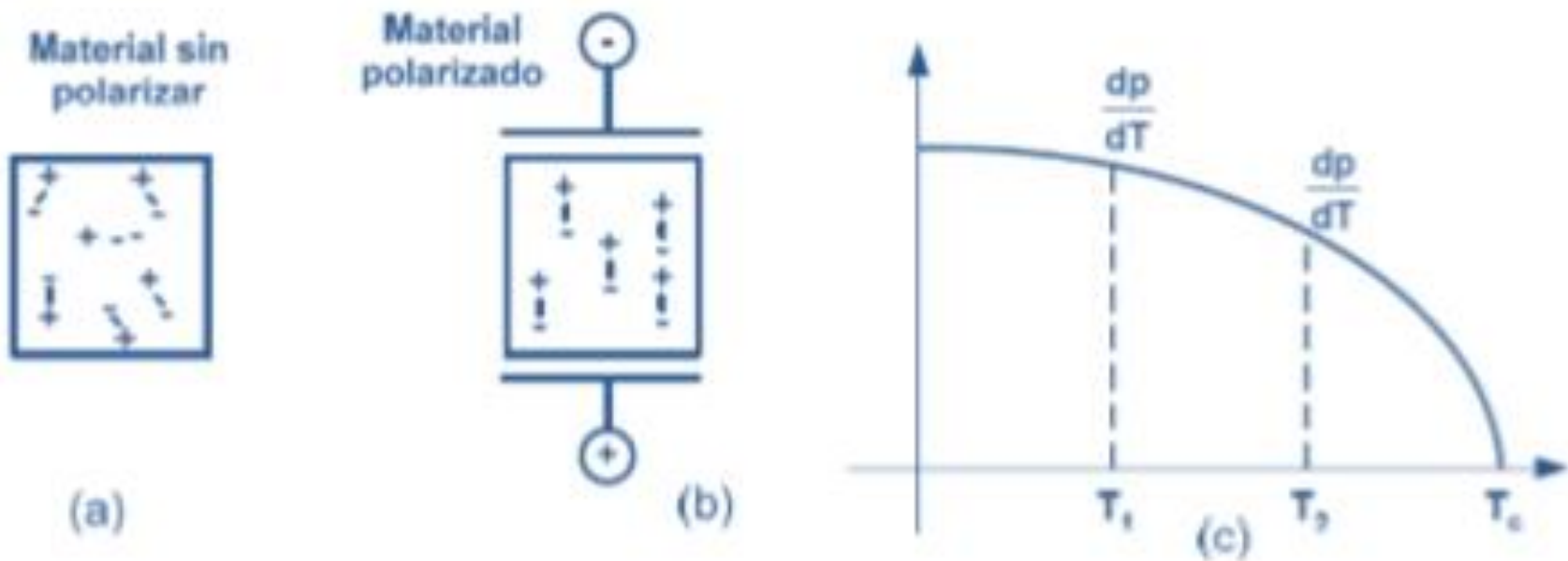
FUNDAMENTOS

La piroelectricidad es la propiedad que poseen ciertos cristales que se polarizan cuando reciben radiaciones de infrarrojos. Está muy relacionada con la piezoelectricidad. Todos los materiales piroeléctricos poseen en algún grado propiedades piezoeléctricas.

A partir de 1915 se han obtenido una gran cantidad de materiales piroeléctricos como por ejemplo el Titanato-Zirconato de plomo (PZT), el Sulfato de Triglicina (TGS) y algunos materiales plásticos como el Fluoruro de Polivinilo (PVF).

Sensores Generadores

Un material piroeléctrico esta compuesto por una gran cantidad de cristales diminutos que se comportan como pequeños dipolos eléctricos.

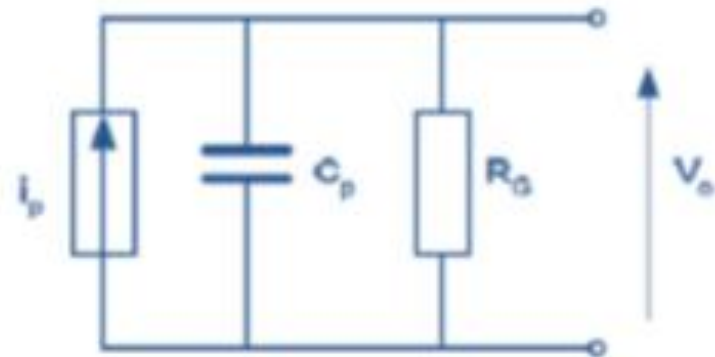


CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

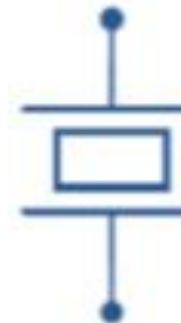
El modelo eléctrico de un sensor piroeléctrico es el de la figura en la cual:

- C_p = Capacidad del sensor
- R_G = Resistencia de pérdidas (Del orden de $10 \text{ G}\Omega$)

Se caracteriza por tener una alta impedancia de salida y proporcionar una corriente muy reducida, al igual que los piezoeléctricos.



Circuito equivalente



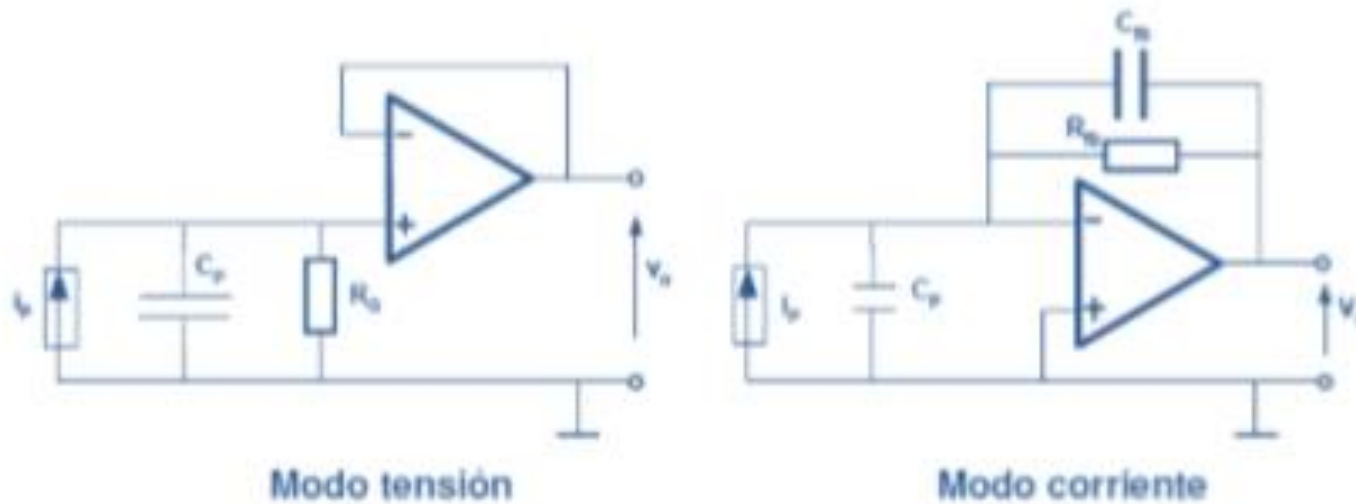
Símbolo eléctrico



ACONDICIONAMIENTO DE LA SEÑAL

Se utilizan amplificadores de carga y su componente básico es un amplificador con una impedancia de entrada elevada y tensiones de asimetría (*Offset*) muy pequeñas.

El circuito de acondicionamiento se puede realizar en modo tensión o en modo corriente.



Sensores Generadores



Sensores Generadores



Sensores Generadores

EFFECTO FOTOVOLTAICO

FUNDAMENTOS

Generación de un potencial eléctrico cuando una radiación ioniza una región de un semiconductor en la que existe una barrera de potencial.

En una unión P-N pasan electrones de la zona N a la P y huecos de la P a la N por difusión y se forma una barrera de potencial.

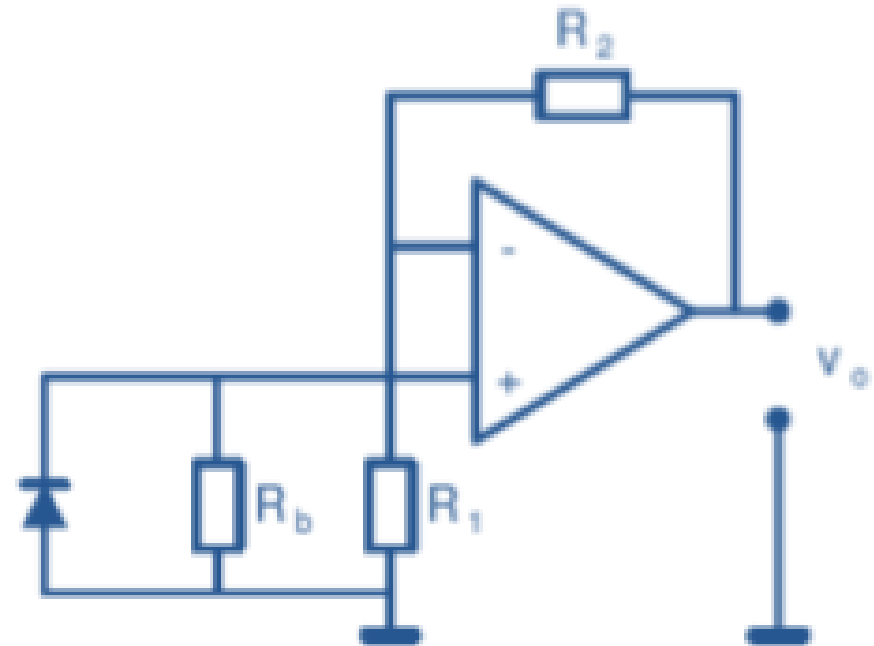
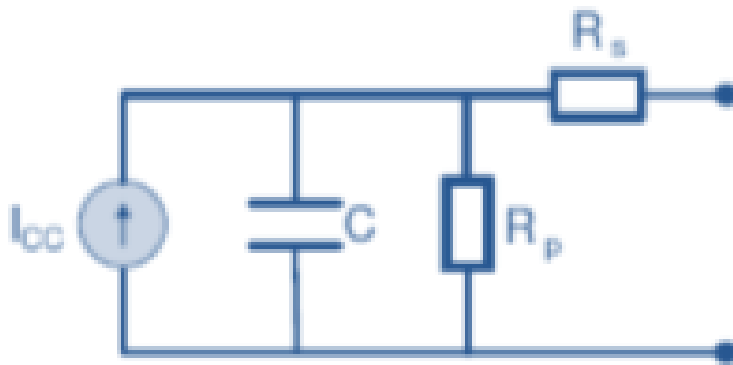
Si la unión se somete a una radiación cuya energía supera la anchura de la banda prohibida se generan pares electrón-hueco adicionales que se desplazan bajo la acción del campo eléctrico presente en la unión. De esta forma en la zona N se acumulan electrones y en la zona P huecos y se genera un potencial que se puede medir externamente.

Sensores Generadores

Los sensores fotovoltaicos están basados en el efecto fotovoltaico. Son más lineales que los fotoconductores pero es necesario amplificar la señal que generan.

Circuito de acondicionamiento

Circuito equivalente simplificado de un sensor fotovoltaico



Sensores Generadores



Sensores Generadores

