

TRANSDUCTORES Y SENSORES

Ing. Raúl Rojas Reátegui

DEFINICIÓN

Un sensor es un dispositivo capaz de medir magnitudes físicas o químicas llamadas variables de instrumentación, para transformarlas en variables eléctricas.

Un transductor es un dispositivo que transforma un tipo de variable física (por ejemplo fuerza, presión, temperatura, velocidad, etc.) en otro.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL TRANSDUCTOR

2.1. Exactitud

Se entiende por exactitud que el valor verdadero de la variable se pueda detectar sin errores sistemáticos positivos o negativos en la medición. Sobre varias mediciones de la variable, el promedio de error entre el valor real y el valor detectado tenderá a ser cero.



2.2. Precisión

La precisión significa la variación en la medición de la variable. La para que sea lo mas preciso esta variación debe ser lo mas pequeño.

2.3. Fiabilidad

Es la capacidad del sensor de no fallar durante el funcionamiento.



2.4. Rango de funcionamiento

Debe tener una variación entre el valor máximo y mínimo lo mas grande posible, en este rango debe ser exacto y preciso.

2.5. Velocidad de respuesta

Debe ser capaz de responder a los cambios de la variable detectada en un tiempo que sea lo mas pequeño posible. Lo ideal sería una respuesta instantánea.

2.6. Calibración

La calibración es una actividad que se debe realizar cuando se produce una pérdida gradual de exactitud del sensor, causada por el tiempo y el uso.

El sensor debe ser fácil de calibrar.

El tiempo y los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de calibración deben ser mínimos.

No debe necesitar una recalibración frecuente.

3.1. Clasificación según la forma de captar la magnitud que miden:

Sensor Resistivos

Sensor Capacitivos

Sensor Inductivos

Sensor Piezoeléctricos

A.- SENSOR RESISTIVO

Son aquellos que varían su valor de su resistencia en función de la variable que van a medir.

Se ha realizado una clasificación de estos sensores en función de la variable a medir:

Variable a medir	Sensor resistivo
Temperatura	RTD, NTC, PTC
Luz visible	LDR
Magnetismo	Magnetoresistencia

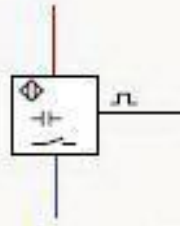
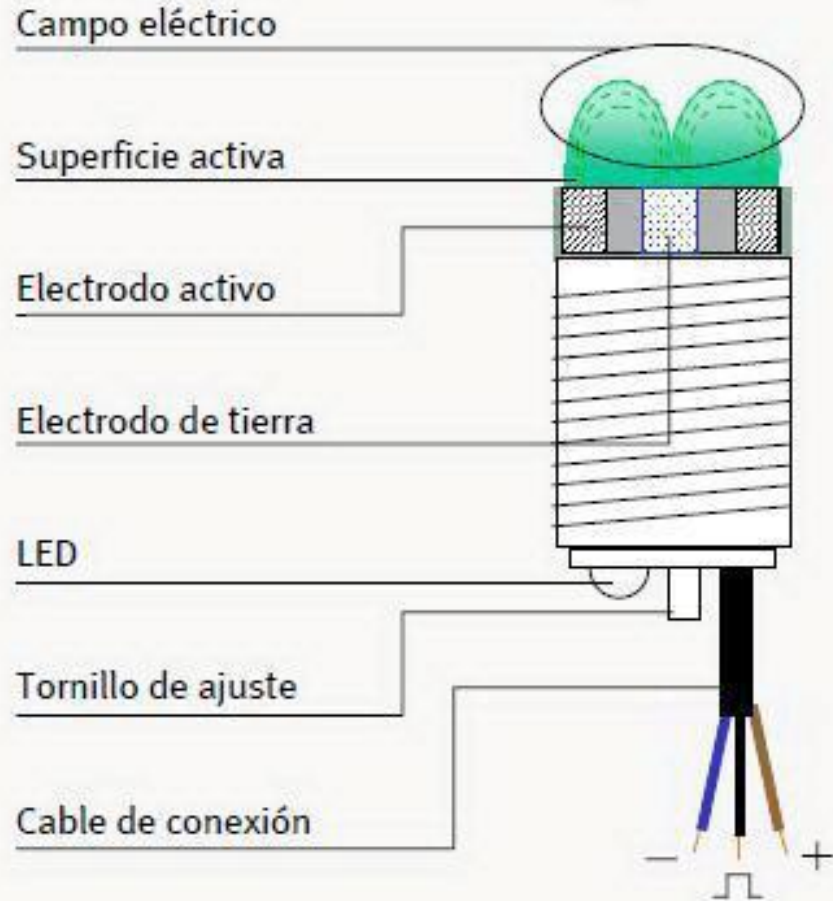
B.- SENSOR CAPACITIVO



El cambio de estado se basa en la variación de un campo eléctrico ante el estímulo.

Los sensores capacitivos detectan objetos midiendo el cambio en la capacitancia, la cual depende de la constante dieléctrica del material a detectar, su masa, tamaño, y distancia hasta la superficie sensible del detector.

Sensor Capacitivo

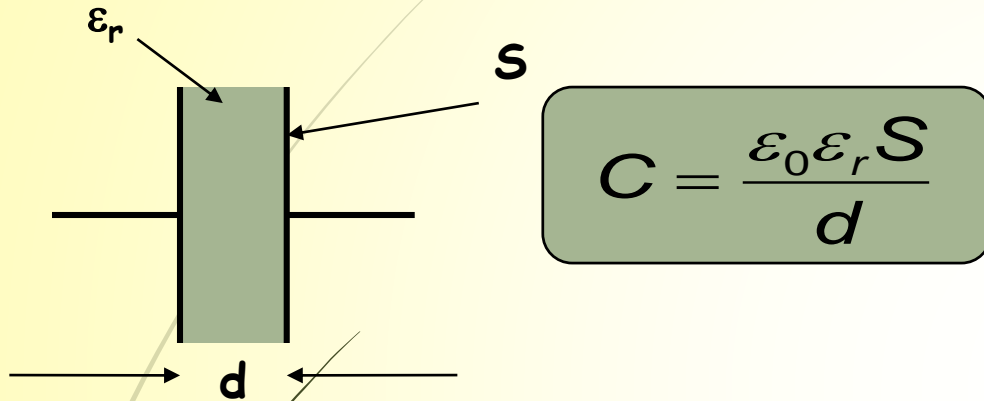


La distancia de actuación en determinados materiales, pueden por ello, regularse mediante el potenciómetro.

Los detectores capacitivos están contruidos en base a un oscilador RC. Debido a la influencia del objeto a detectar, y del cambio de capacitancia

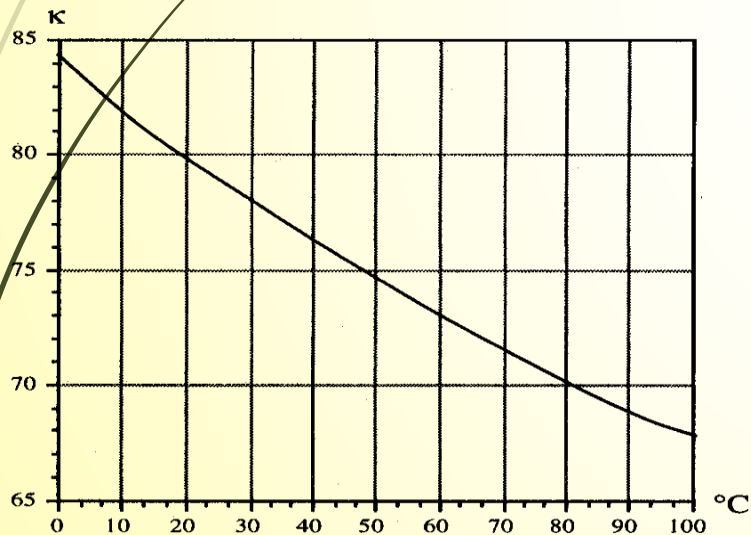
Sensores Capacitivos

• Condensador plano



$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$$

- ϵ_0 : cte. dieléctrica del vacío 8,85 pF/m
- ϵ_r : cte. dieléctrica relativa. Depende de la temperatura y de la frecuencia
- S: superficie
- d: distancia entre las placas

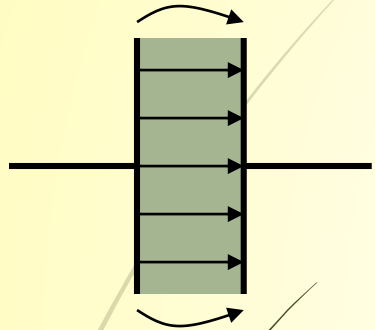


Cte. dieléctrica relativa del agua en función de la temperatura

Material	k	Frequency (Hz)	Material	k	Frequency (Hz)
Air	1.00054	0	Paraffin	2.0–2.5	10 ⁶
Alumina ceramic	8–10	10 ⁴	Plexiglass	3.12	10 ³
Acrylics	2.5–2.9	10 ⁴	Polyether sulfone	3.5	10 ⁴
ABS/Polysulfone	3.1	10 ⁴	Polyesters	3.22–4.3	10 ³
Asphalt	2.68	10 ⁶	Polyethylene	2.26	10 ³ –10 ⁸
Beeswax	2.9	10 ⁶	Polypropylenes	2–3.2	10 ⁴
Benzene	2.28	0	Polyvinyl chloride	4.55	10 ³
Carbon tetrachloride	2.23	0	Porcelain	6.5	0
Cellulose nitrate	8.4	10 ³	Pyrex [®] glass (7070)	4.0	10 ⁶
Ceramic (titanium dioxide)	14–110	10 ⁶	Pyrex [®] glass (7760)	4.5	0
Cordierite	4–6.23	10 ⁴	Rubber (neoprene)	6.6	10 ³
Compound for thick film capacitors	300–5000	0	Rubber (silicone)	3.2	10 ³
Diamond	5.5	10 ⁸	Rutile ^ optic axis	86	10 ⁸
Epoxy resins	2.8–5.2	10 ⁴	Rutile optic axis	170	10 ⁸
Ferrous oxide	14.2	10 ⁸	Silicone resins	3.4–4.3	10 ⁴
Flesh (skin, blood, muscles)	97	40·10 ⁶	Tallium chloride	46.9	10 ⁸
Flesh (fat, bones)	15	40·10 ⁶	Teflon [®]	2.04	10 ³ –10 ⁸
Lead nitrate	37.7	6·10 ⁷	Transformer Oil	4.5	0
Methanol	32.63	0	Vacuum	1	-
Nylon	3.5–5.4	10 ³	Water	78.5	0
Paper	3.5	0			

Sensores Capacitivos

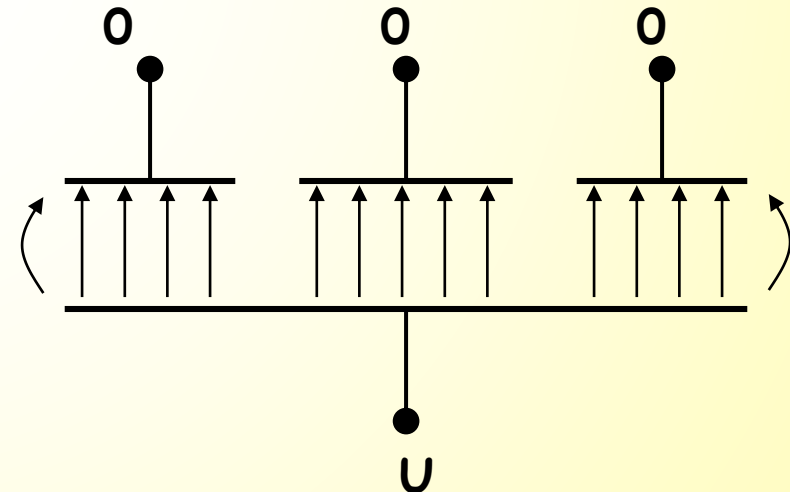
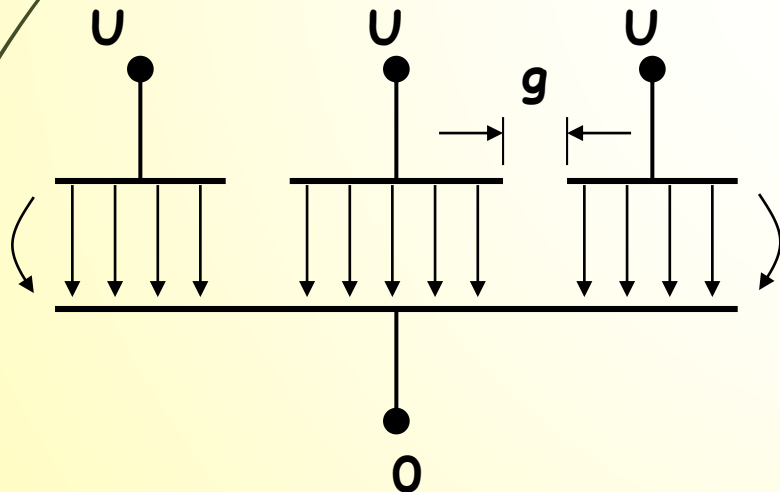
• Efectos de los bordes



$$C \approx \epsilon_0 \epsilon_r \frac{l \cdot a}{d} \left\{ 1 + \frac{l}{d} \left[\ln \left(\frac{\pi a}{d} + 1 \right) + 1 + \ln 2 \right] \right\}$$

- l: longitud de la placa
- a: anchura

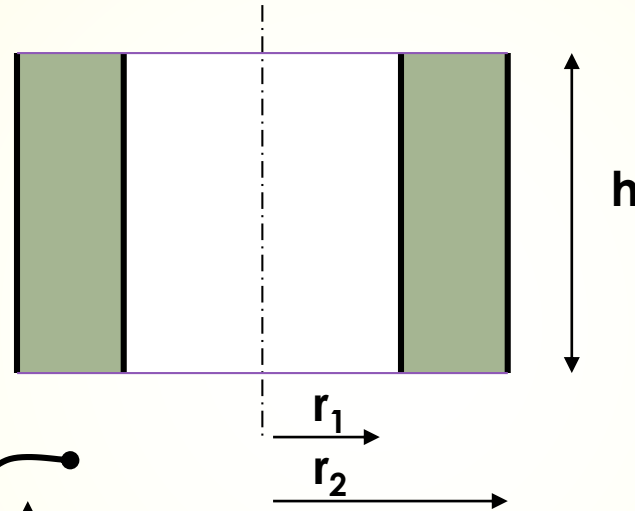
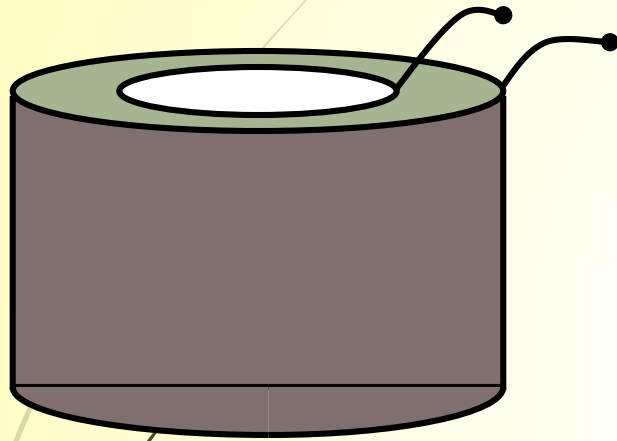
Guardas:



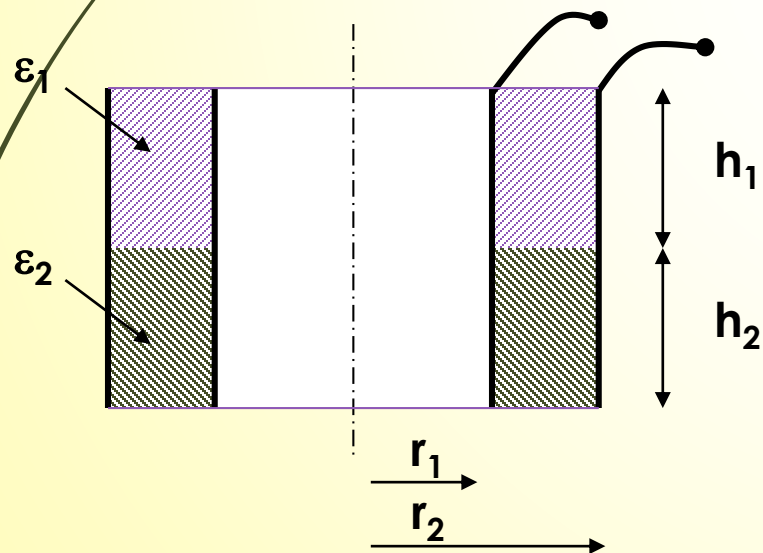
Si $g \ll d/5$ la anchura efectiva aumenta en $g/2$

Sensores Capacitivos

- Condensador cilíndrico



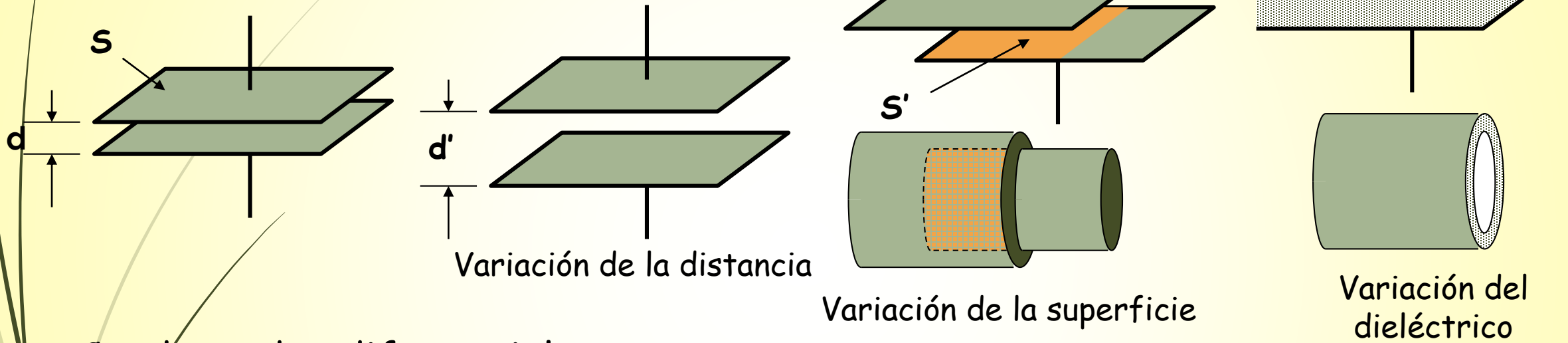
$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r \cdot 2 \cdot \pi \cdot h}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$



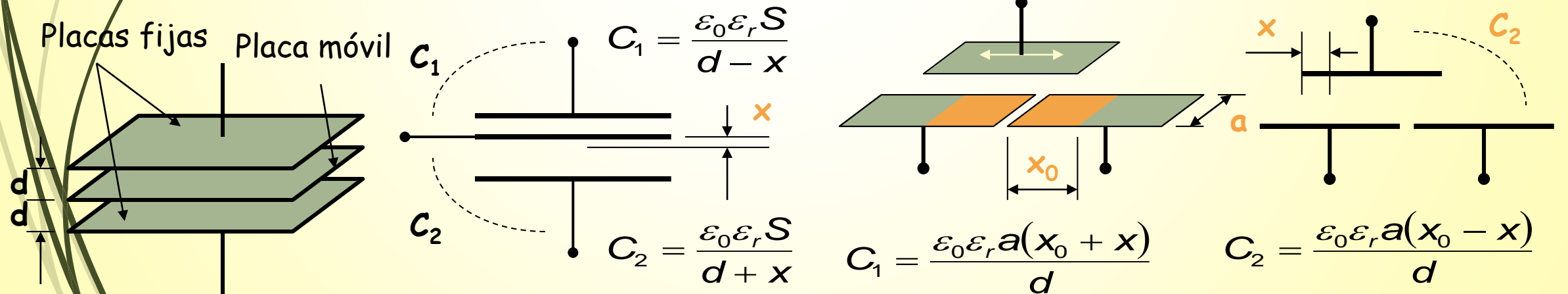
$$C = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \frac{\epsilon_1 \cdot h_1 + \epsilon_2 \cdot h_2}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

Sensores Capacitivos

Principio de funcionamiento



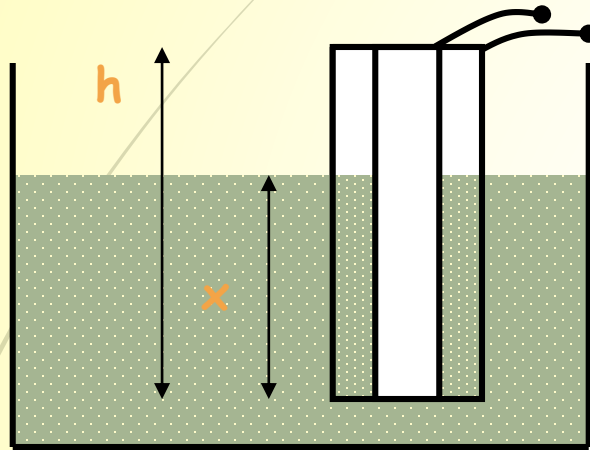
- Condensador diferencial



Sensores Capacitivos

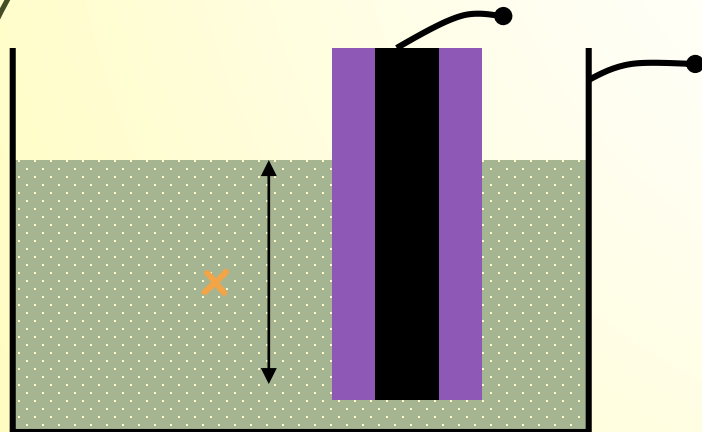
Medida de nivel

- Líquido no conductor



$$C = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \frac{\epsilon_1 \cdot x + \epsilon_2 \cdot (h - x)}{\ln \frac{r_2}{r_1}} =$$
$$= \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_2 \cdot h}{\ln \frac{r_2}{r_1}} + \frac{(\epsilon_1 - \epsilon_2) \cdot x}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$

- Líquido conductor

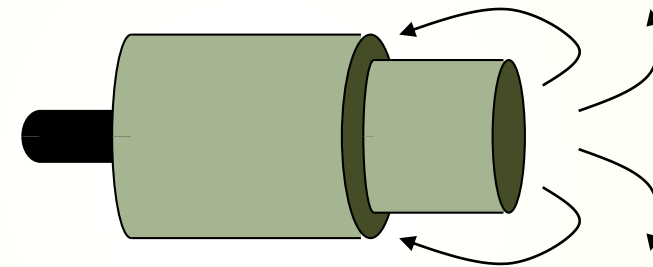
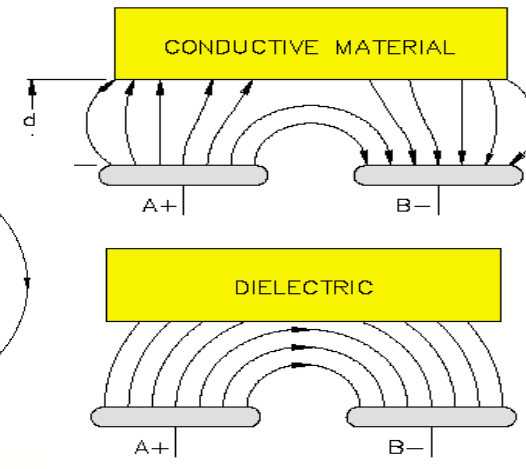
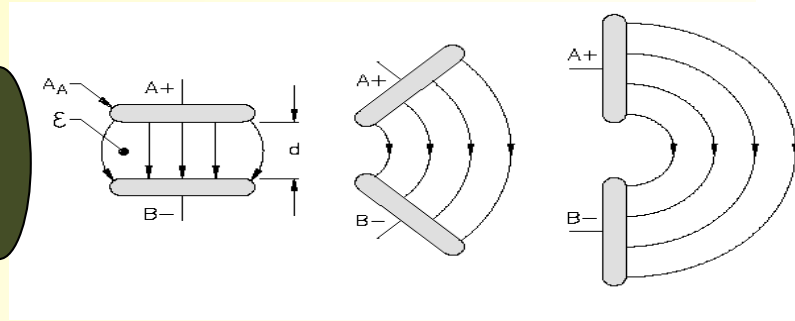
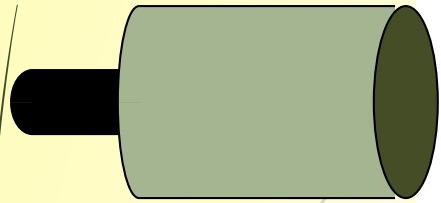


$$C = \frac{2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_1 \cdot x}{\ln \frac{r_2}{r_1}}$$



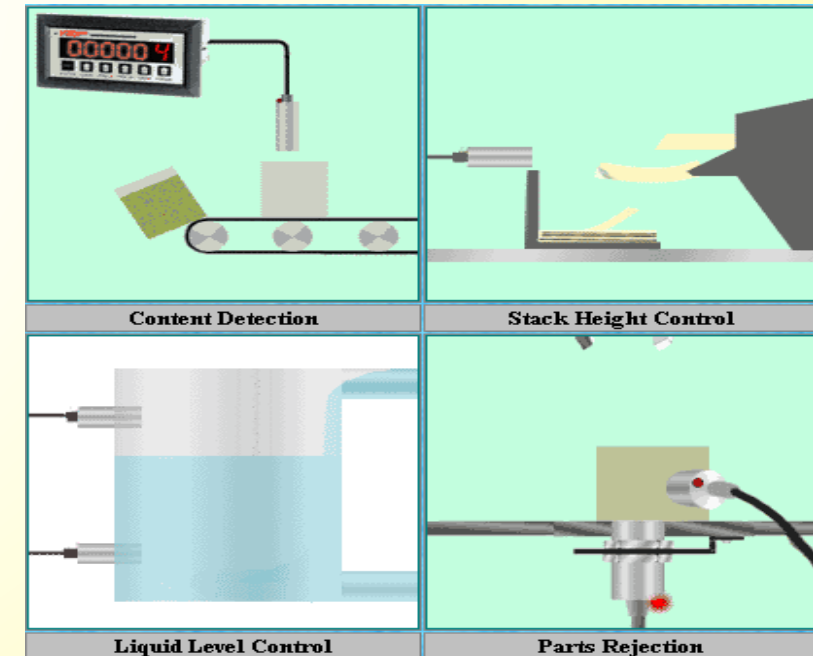
Sensores Capacitivos

Proximidad



- Distancias de unos pocos mm. máx
- Materiales metálicos y no metálicos (p.e. Arena, agua, aceite, etc.)

Material	Thickness d / mm	E_r	Reduction factor
Steel ST-37	1.5		1.0
Brass Ms	1.5		1.0
Water		app. 81	1.0
Mikanit 132	2	4.5	0.44
	4		0.52
	6		0.57
UP (Polyester, glass-fiber-reinforced)	2	4.0	0.41
	4		0.51
	6		0.54
Polyamide A (nylon 6.6)	2	4.2 atm. humidity	0.34
	4		0.45
	6		0.51
Polyamide B (Nylon 6)	3	5.3 atm. humidity	0.41
	6		0.48
	9		0.56

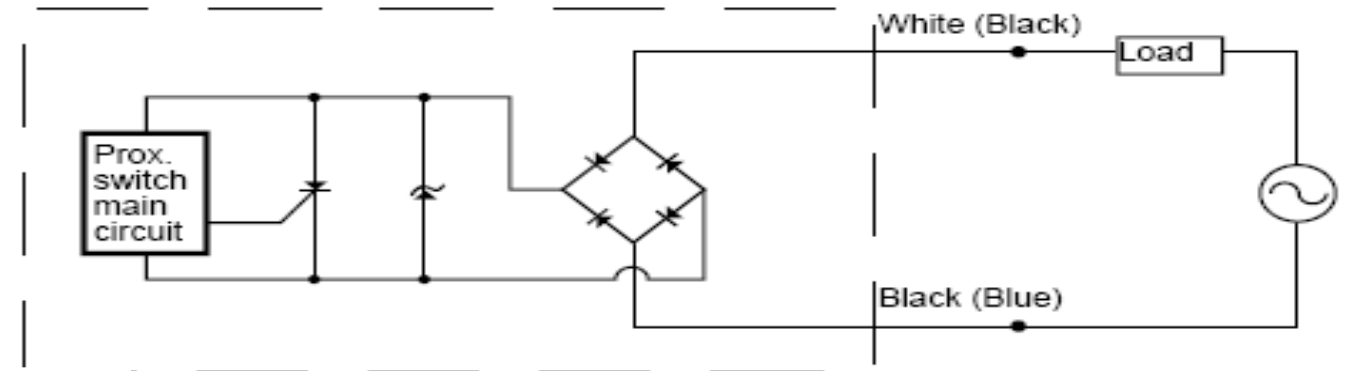


Sensores Capacitivos



AC Switching Types

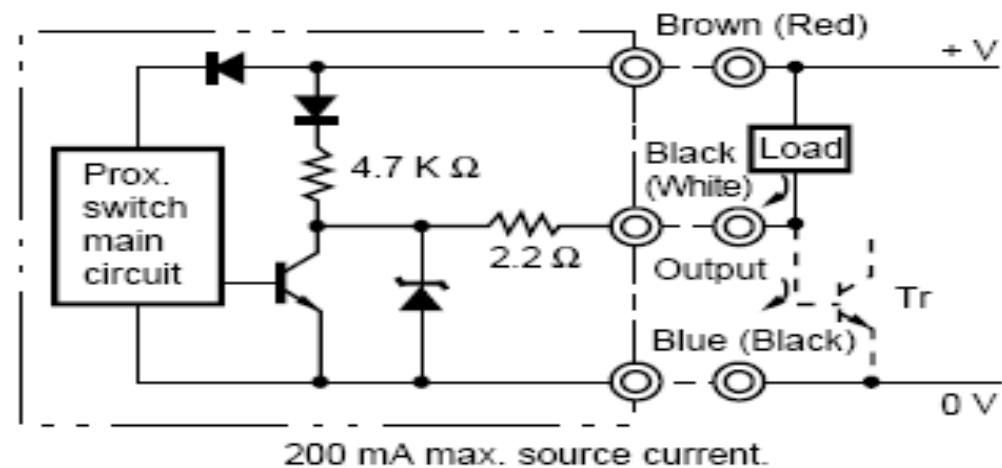
E2K-X□MY□



DC Switching Types

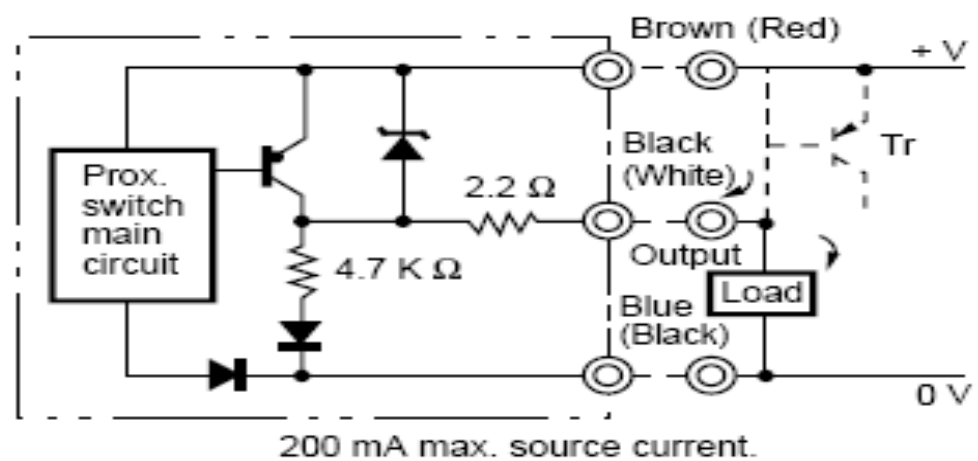
E2K-X□ME□
NPN

The dotted line shows a transistor circuit load.



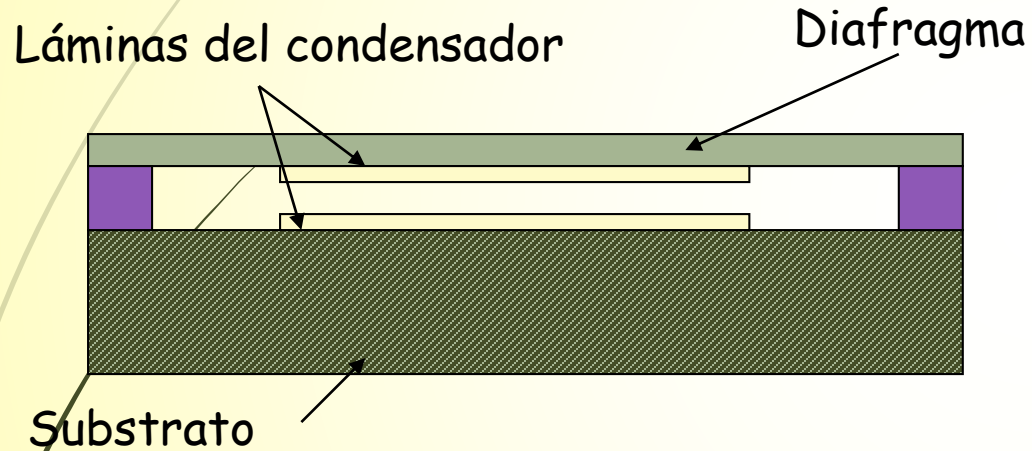
E2K-X□MF□
PNP

The dotted line shows a transistor circuit load.

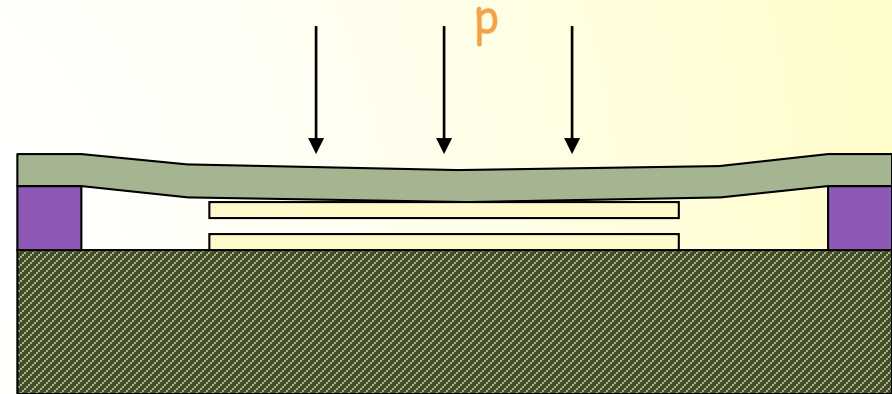
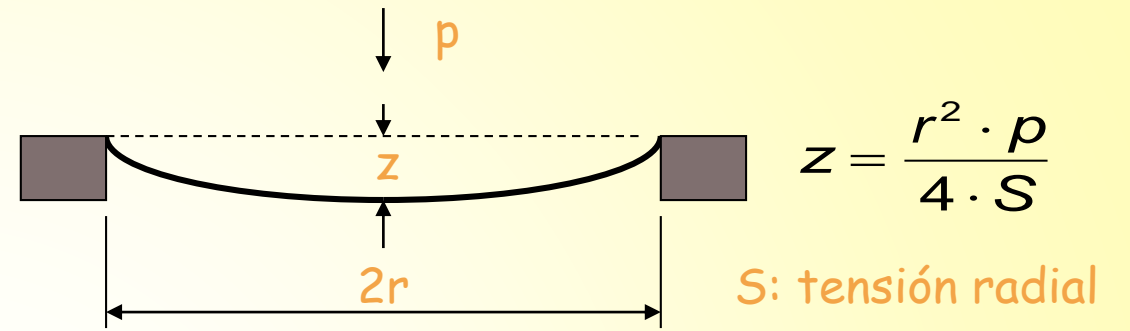


Sensores Capacitivos

- Presión absoluta
- Presión diferencial



- Pueden soportar sobrepresiones mucho mayores que la correspondiente al fondo de escala



Sensores Capacitivos

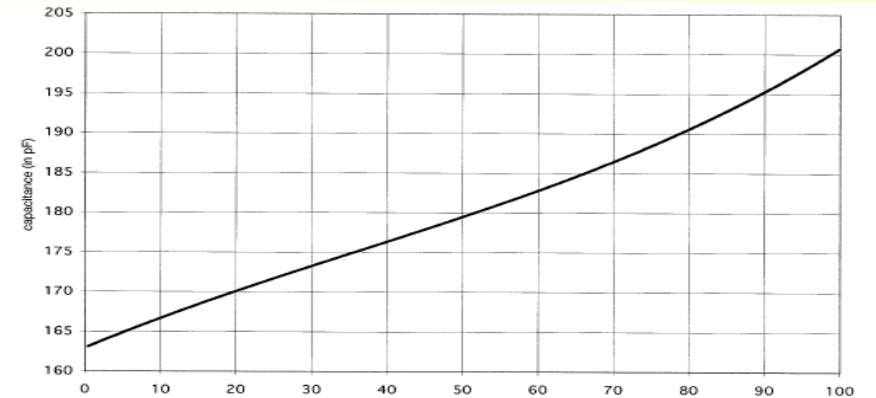
Humedad

$$C \approx C_0(1 + \alpha \cdot RH)$$

- C_0 : algunos cientos de pF typ.
- α : entre 0,5 y unos pocos pF por %RH
- Tiempos de respuesta de decenas de s. A min.



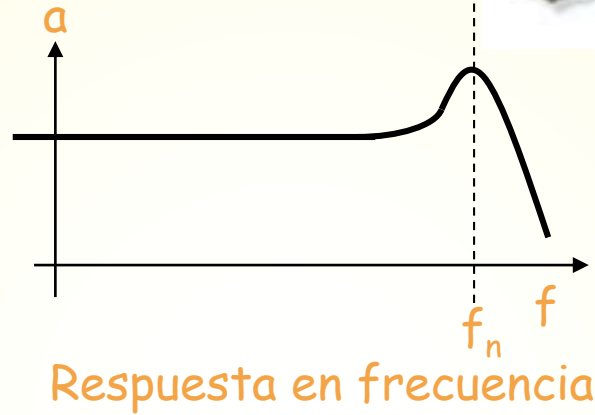
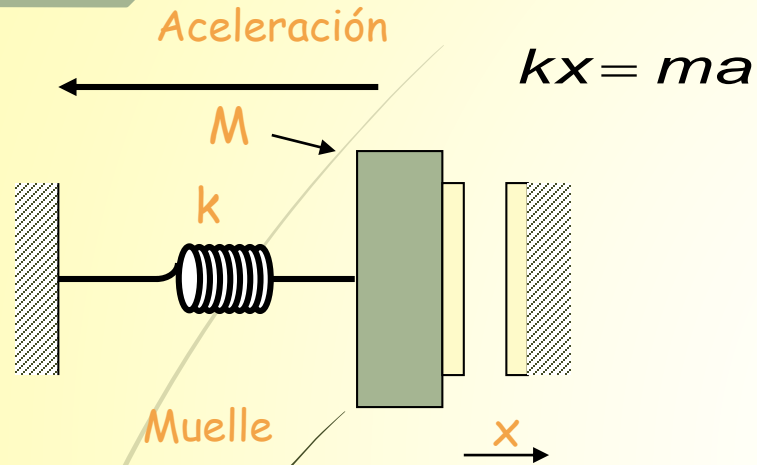
- HS1100/1001 de Humirel



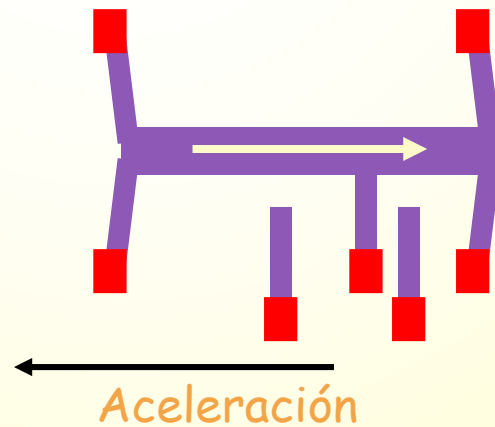
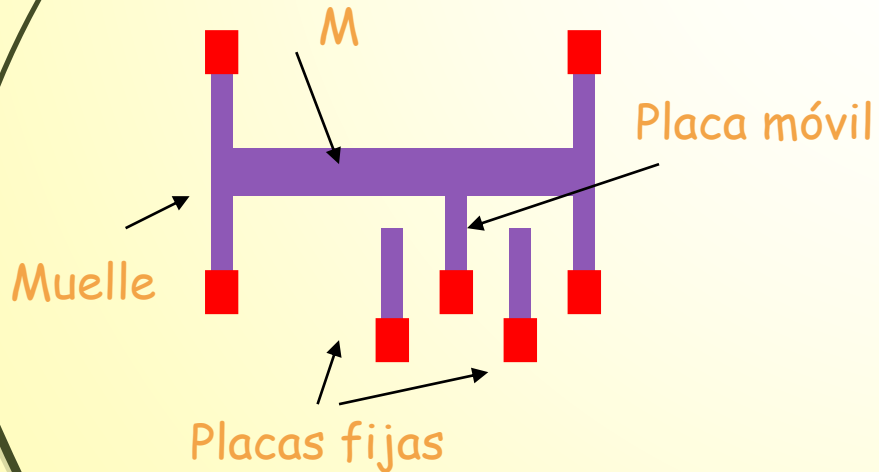
Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Humidity measuring range	RH	1		99	%
Supply voltage	Vs		5	10	V
Nominal capacitance @ 55% RH *	C	177	180	183	pF
Temperature coefficient	Tcc		0.04		pF/°C
Averaged Sensitivity from 33% to 75% RH	$\Delta C / \%RH$		0.34		pF/ %RH
Leakage current (Vcc = 5 Volts)	Ix			1	nA
Recovery time after 150 hours of condensation	tr		10		s
Humidity Hysteresis			+/-1.5		%
Long term stability			0.5		% RH/yr
Response time (33 to 76% RH, still air @63%)	ta		5		s
Deviation to curve (10% to 90% RH)			+/- 2		% RH

* Tighter specification available on request.

Sensores Capacitivos



MEMS "Micro-ElectroMechanical Systems"
Ej. ADXL250 de Analog (42 elementos)



Aplicaciones



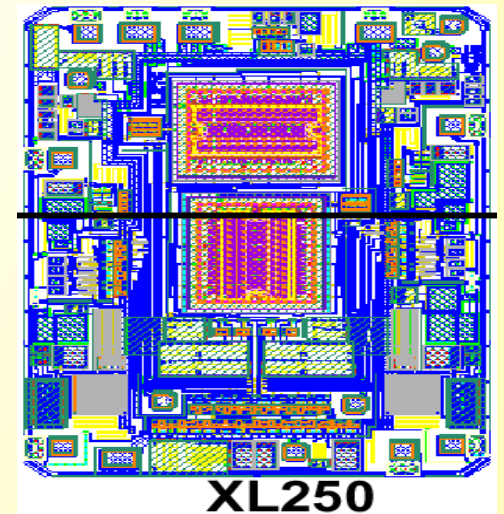
Tilt



Inertial Acceleration

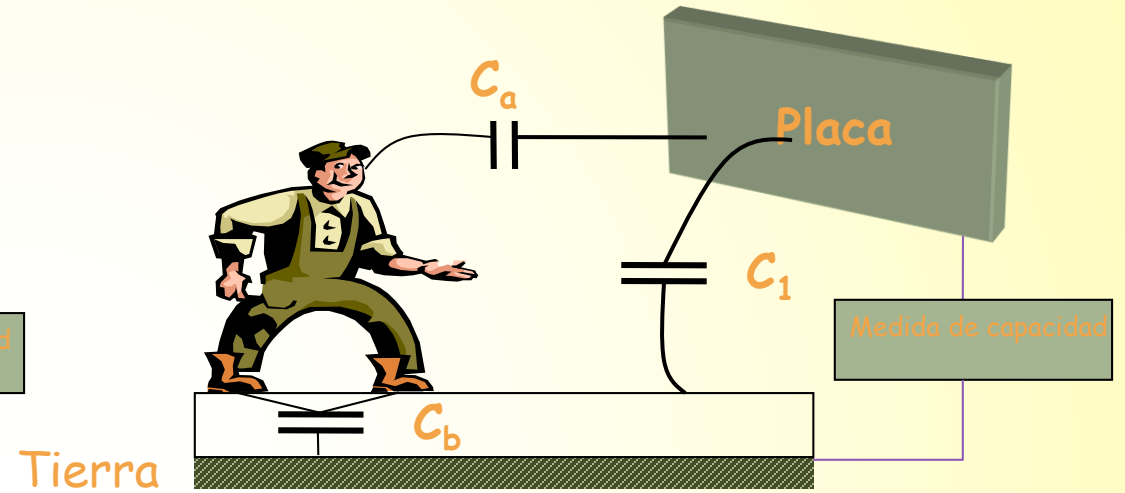
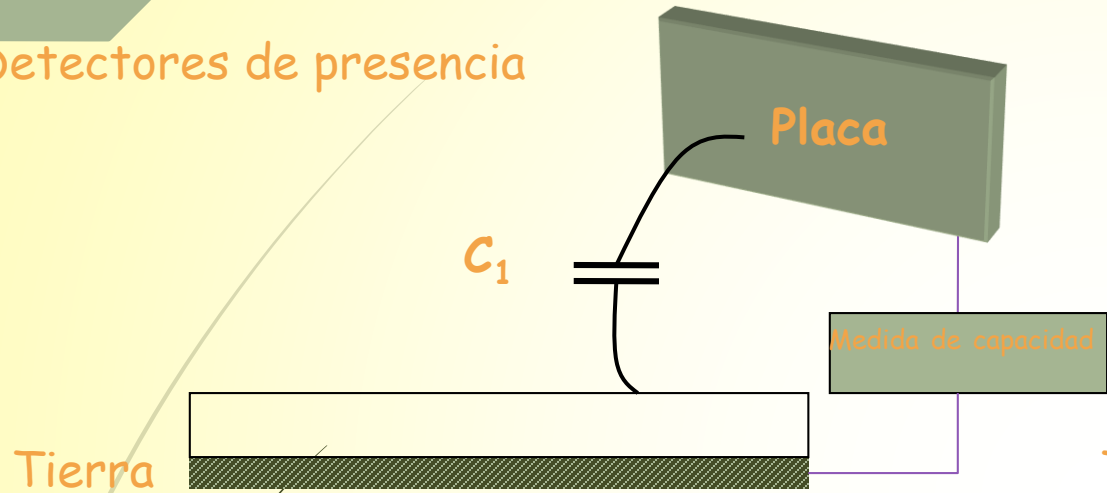


Shock and Vibration

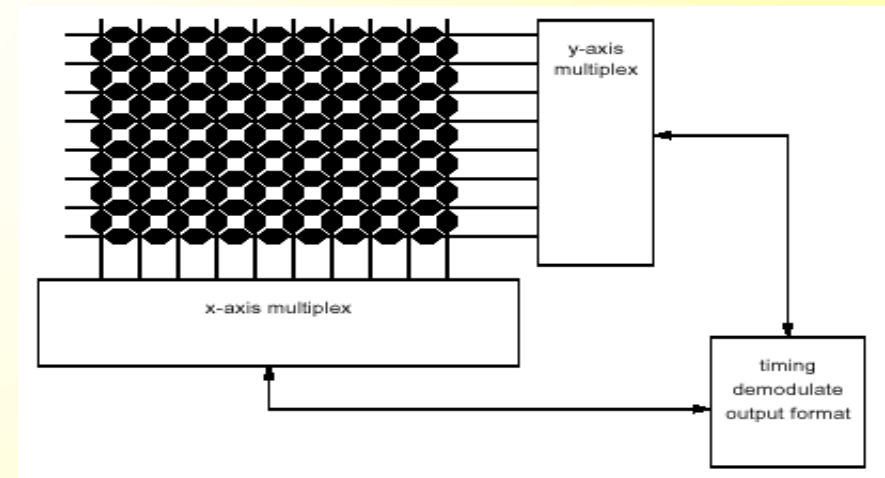
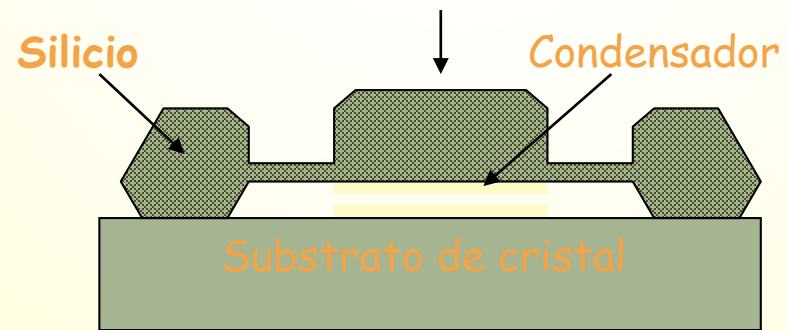


Sensores Capacitivos

Detectores de presencia

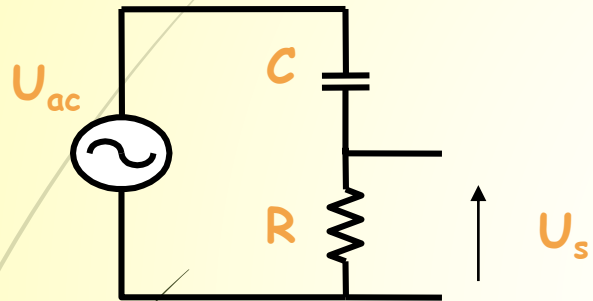


Detectores táctiles



Sensores Capacitivos

- Medidas por comparación

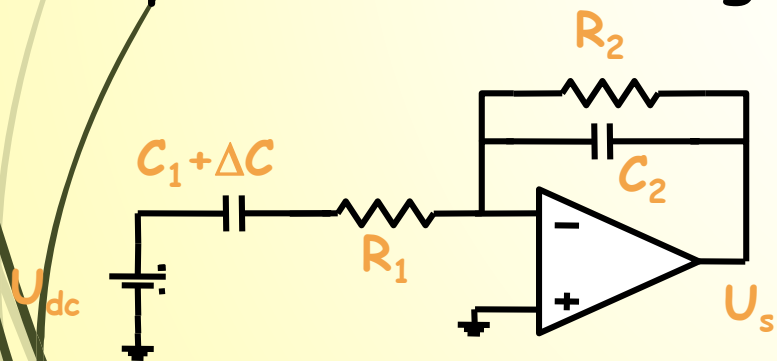


$$U_s = \frac{R \cdot j\omega C}{1 + R \cdot j\omega C} U_{ac} \quad \Rightarrow \quad U_s = R \cdot j\omega C \cdot U_{ac}$$

si $R \cdot j\omega C \gg 1$

Con 10 veces el error es ya pequeño

- Amplificador de carga



No influyen las capacidades de conexión

Salida

$$\Delta U_s = - \frac{U_{dc} \cdot \Delta C}{C_2}$$

Frecuencia de corte inferior

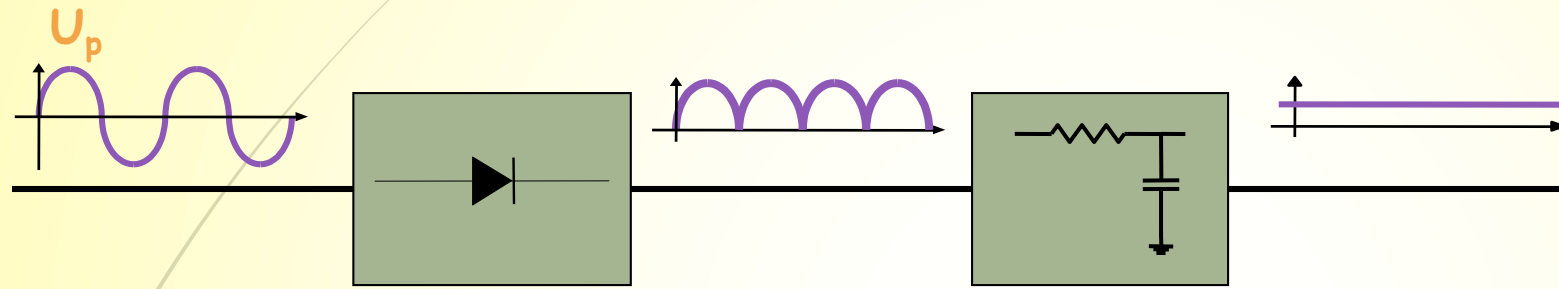
$$f_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_1 \cdot C_1}$$

Frecuencia de corte superior

$$f_s = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot C_2}$$

Sensores Capacitivos

Conversión de la señal alterna a continua

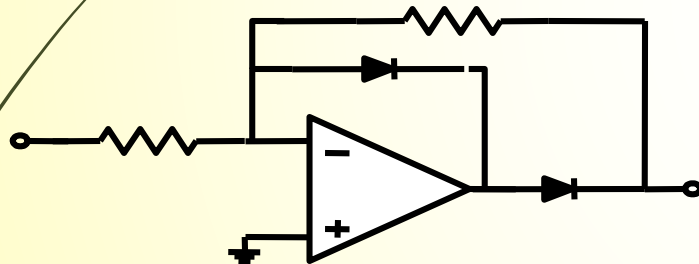


Media onda $U_m = \frac{U_p}{\pi}$

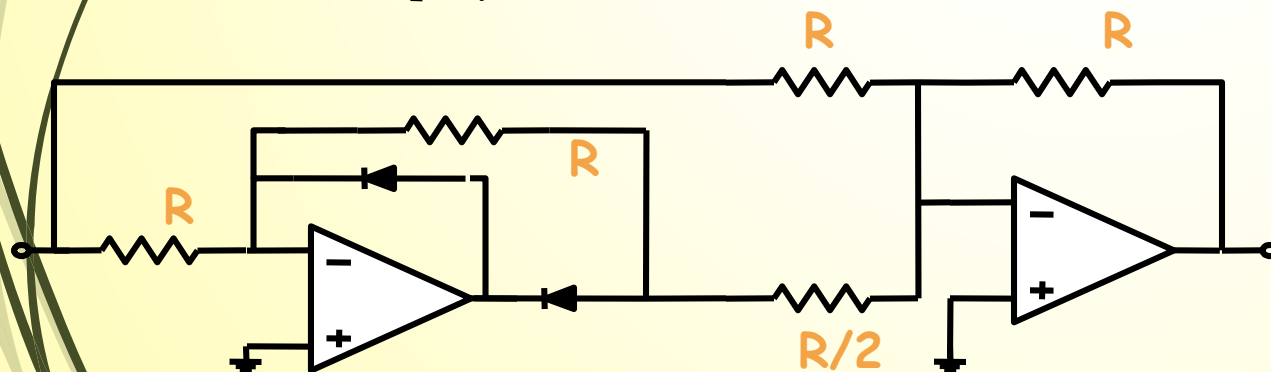
Onda completa $U_m = \frac{2 \cdot U_p}{\pi}$

Rectificador precisión (media o doble onda)

Filtro pasa bajos (extrae valor medio)



Rectificador precisión de media onda




Rectificador precisión de onda completa

Otras opciones

- Valor de pico (ej. PK01 de Analog Devices)
- Valor eficaz (ej. AD636 de Analog Devices)

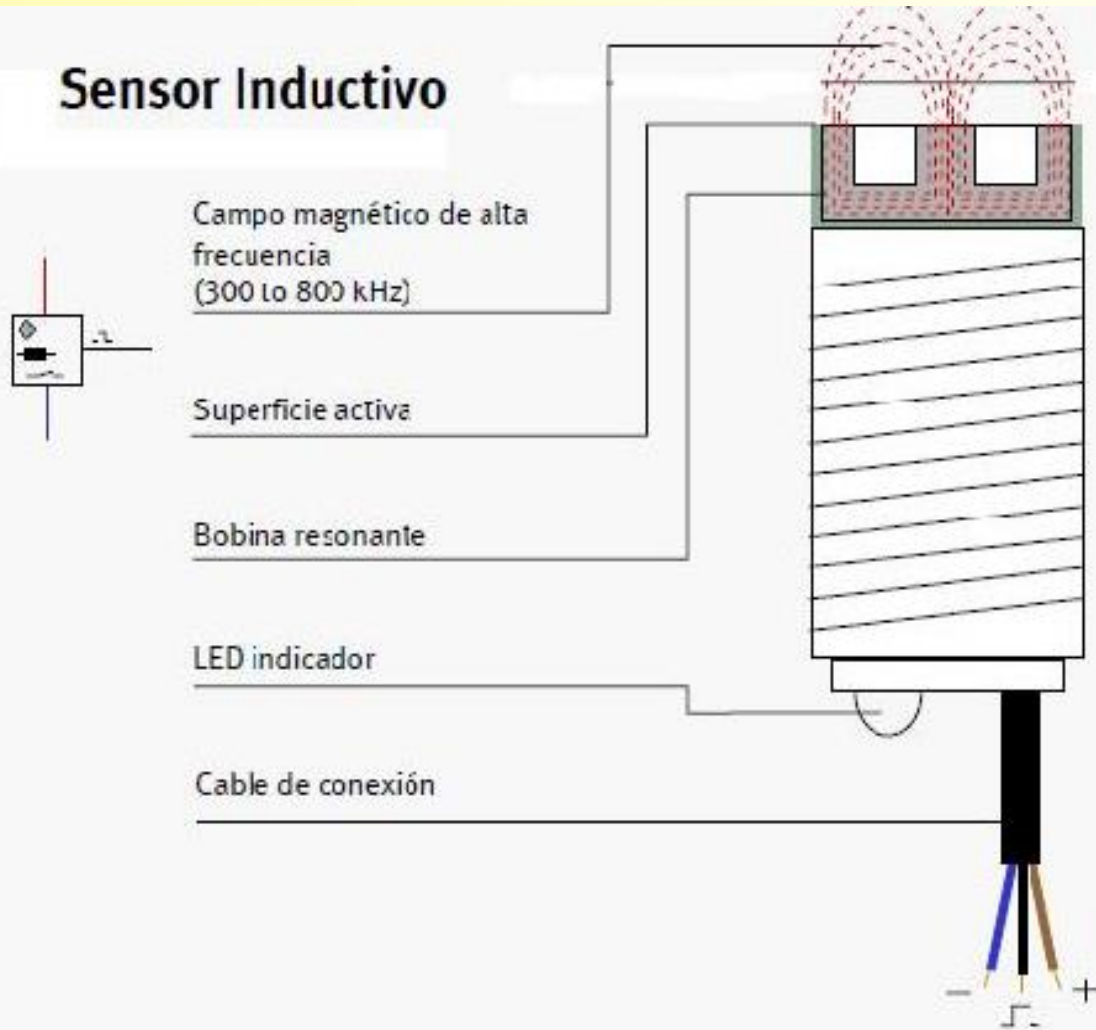
C.- SENSOR INDUCTIVO



El sensor posee una bobina con núcleo de ferrita, un oscilador, un sensor de nivel de disparo de la señal y un circuito de salida. Al aproximarse un objeto "metálico" o no metálico, se inducen corrientes de histéresis en el objeto.

En el sensor inductivo si la bobina detecta el objeto se produce un cambio en el campo electromagnético y envía la señal al oscilador, luego se activa el disparador y finalmente al circuito de salida hace la transición entre abierto o cerrado.

Sensor Inductivo

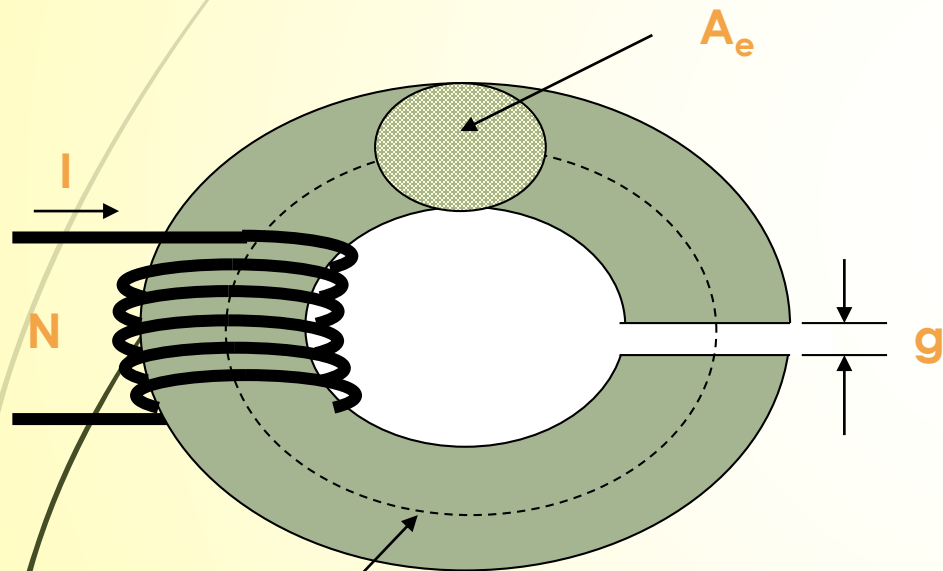


El circuito sensor reconoce entonces un cambio específico de amplitud y genera una señal que conmuta la salida de estado sólido o la posición "ON" y "OFF".

Sensores inductivos

• Bobinas

Modelo del toroide equivalente



$$R = \frac{1}{A_e} \left(\frac{g}{\mu_0} + \frac{l_e}{\mu} \right)$$

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum NI$$

$$H_1 \cdot l_e + H_2 \cdot g = NI$$

$$B = \mu \cdot H$$

$$\frac{B_1}{\mu} \cdot l_e + \frac{B_2}{\mu_0} \cdot g = NI$$

$$\phi = \iint B dS$$

$$\phi = B \cdot A_e$$

$$\frac{\phi}{A_e} \left(\frac{l_e}{\mu_e} + \frac{g}{\mu_0} \right) = NI$$

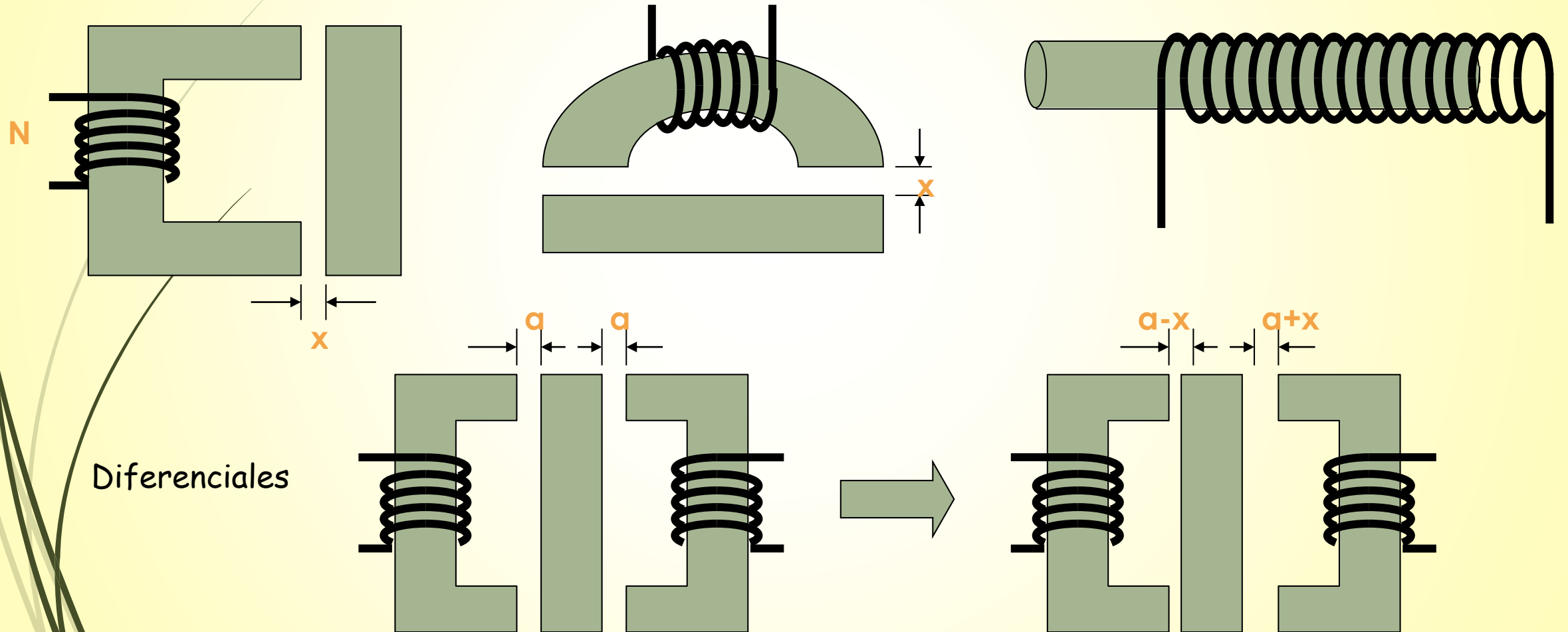
$$L = \frac{N \cdot \phi}{I}$$

$$L = \frac{A_e N^2}{\frac{g}{\mu_0} + \frac{l_e}{\mu}}$$

$$L = \frac{N^2}{R}$$

Sensores inductivos

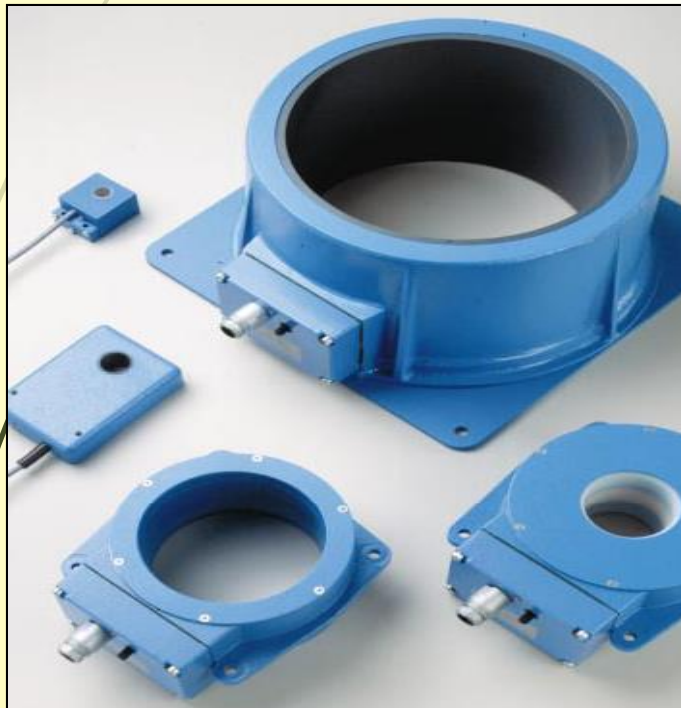
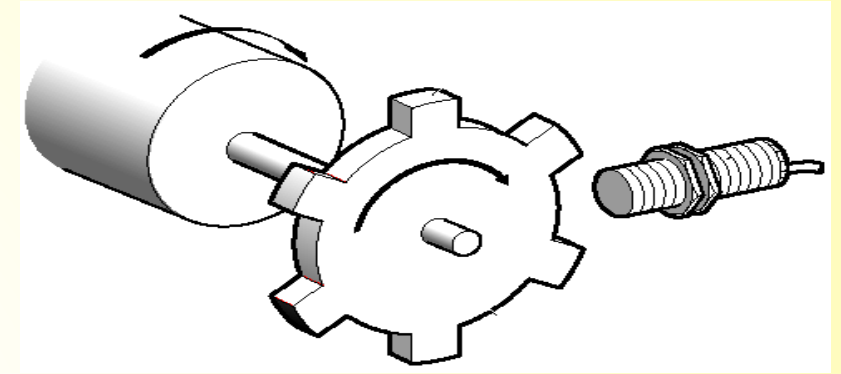
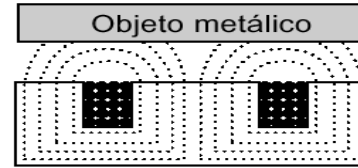
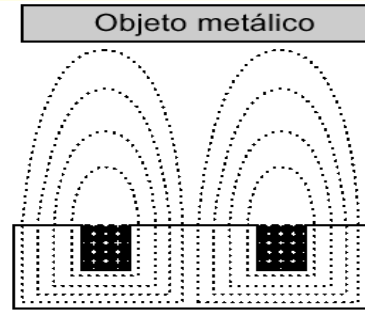
- Bobinas



Sensores inductivos

Proximidad

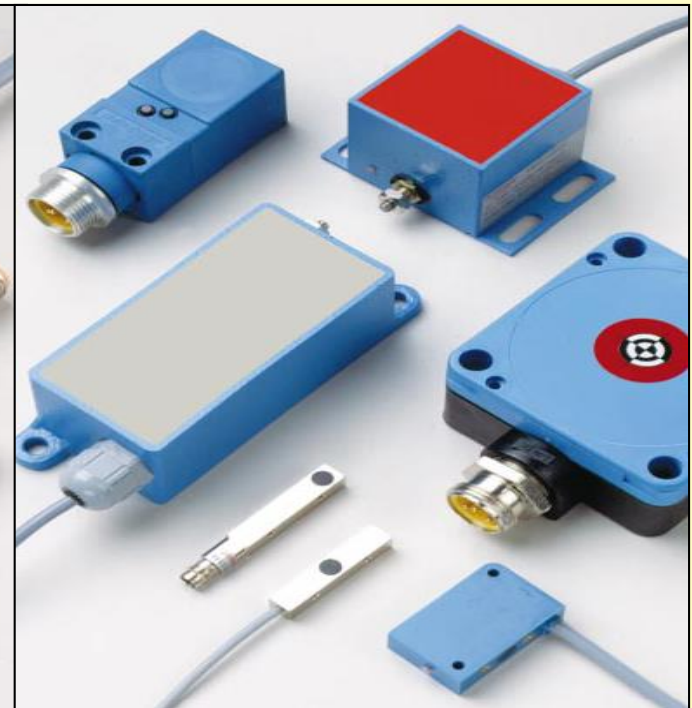
- Distancias hasta algún cm. máx
- Materiales ferromagnéticos



Anillo



Cilíndricos



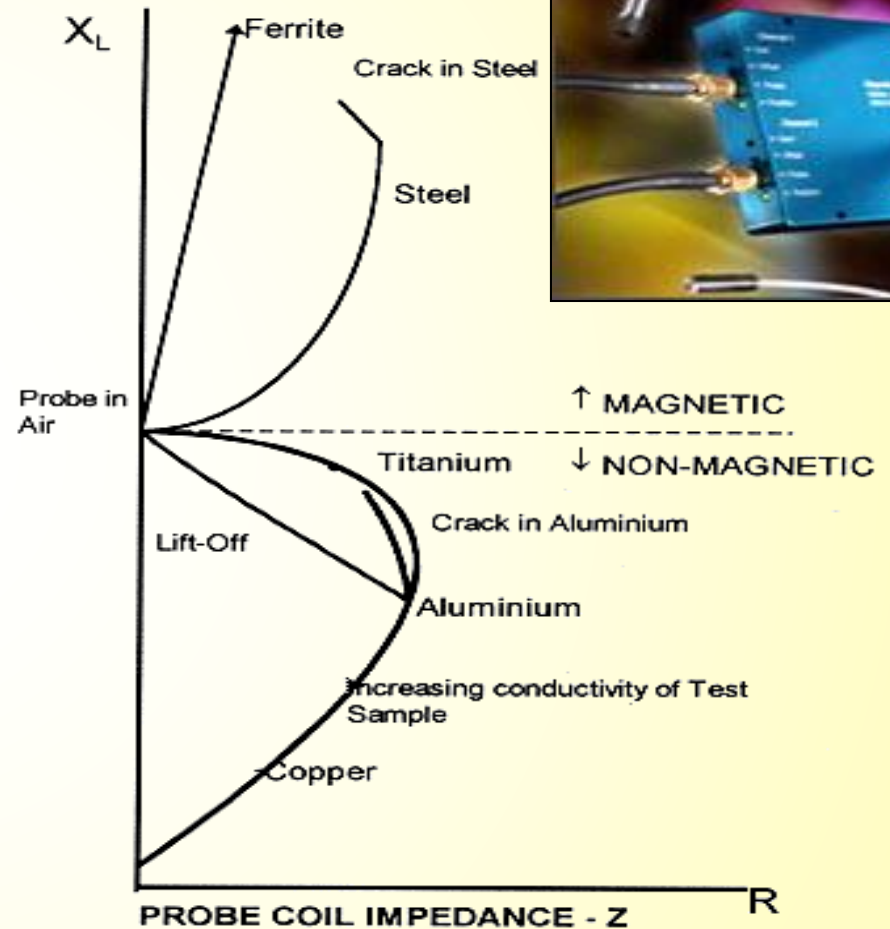
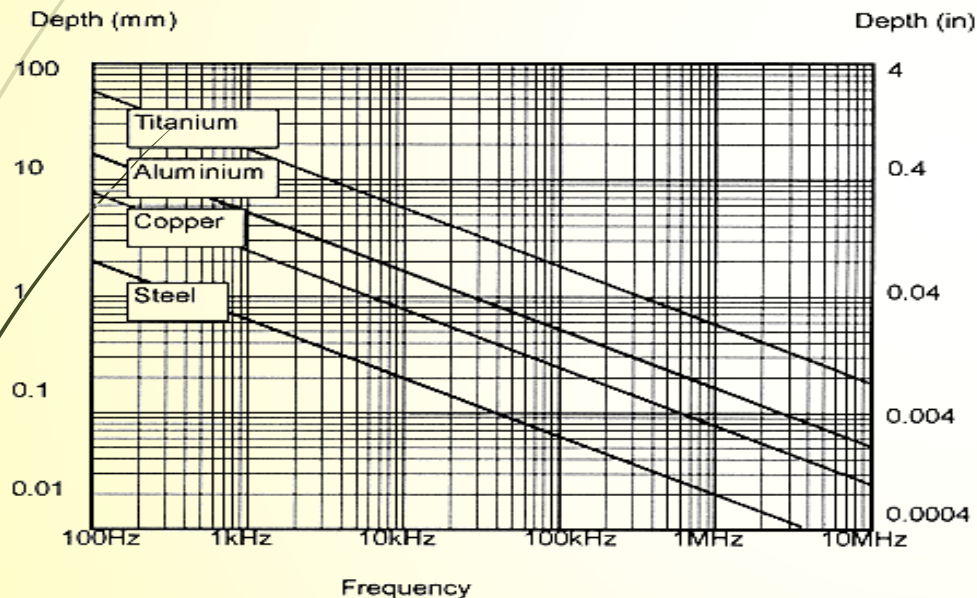
Rectangulares

Sensores inductivos

Basados en corrientes Foucault

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho}{\pi f \mu}}$$

- δ : profundidad de penetración
- f : frecuencia
- μ : permeabilidad
- ρ : resistividad

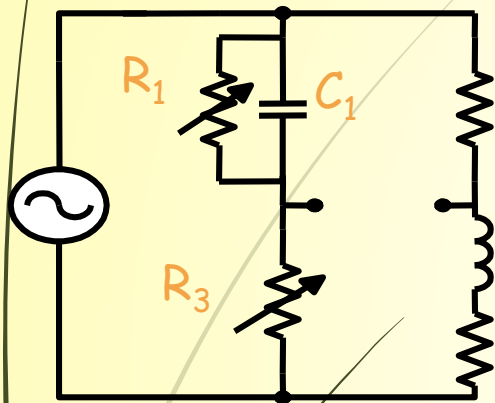


- No se requieren materiales magnéticos
- Frecuencia de trabajo 1MHz típ.
- Distancias de 0,25 a 30 mm (resolución hasta 0.0001 mm)

Sensores inductivos

Acondicionamiento (L variable)

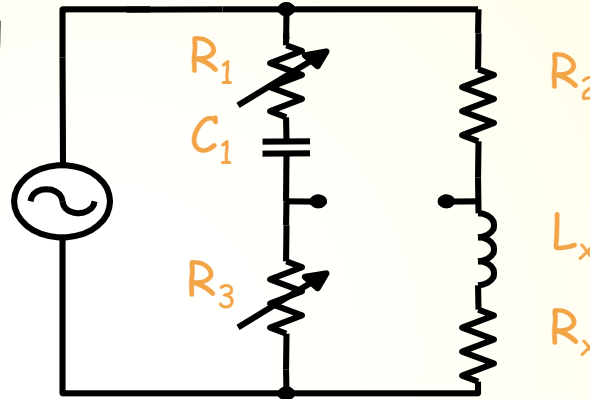
- Medida por comparación



R_2 Puente de Maxwell

$$L_x = R_2 R_3 C_1$$

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_1}$$



Puente de Hay

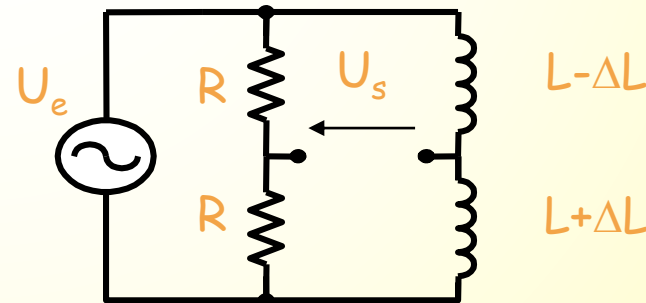
$$L_x = \frac{R_2 R_3 C_1}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2}$$

$$R_x = \frac{\omega^2 C_1^2 R_1 R_2 R_3}{1 + \omega^2 C_1^2 R_1^2}$$

$$Q = \frac{\omega L_x}{R_x} \quad \text{Más adecuado para } Q > 10$$

- Circuitos de acondicionamiento

- Similar a los capacitivos
- Medidas en puente
- Integración en el oscilador (muy habitual en proximidad)

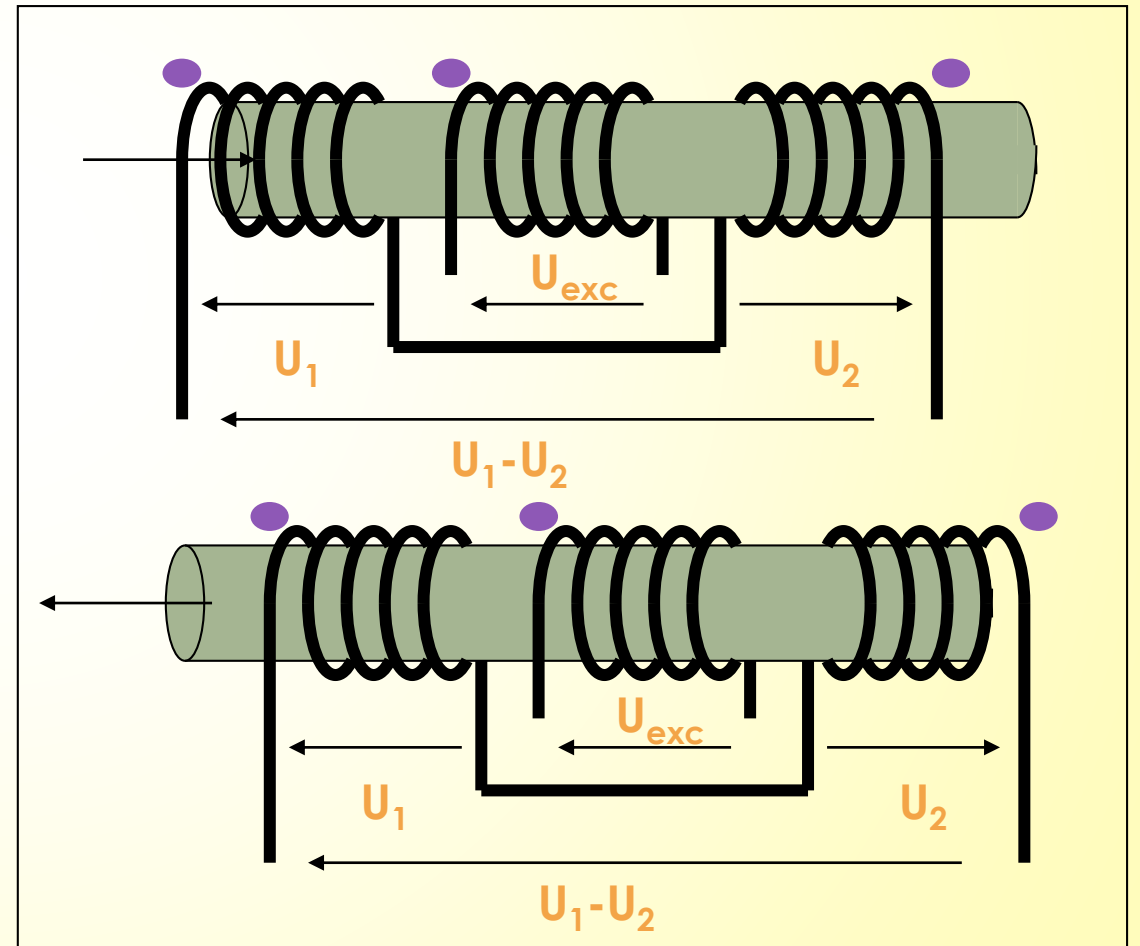
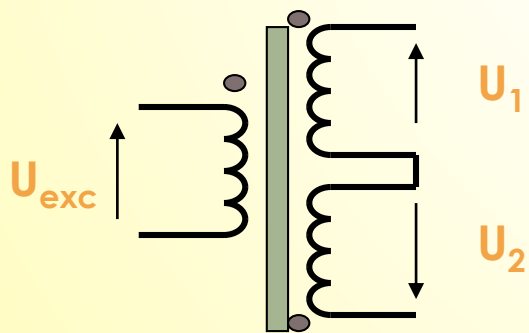
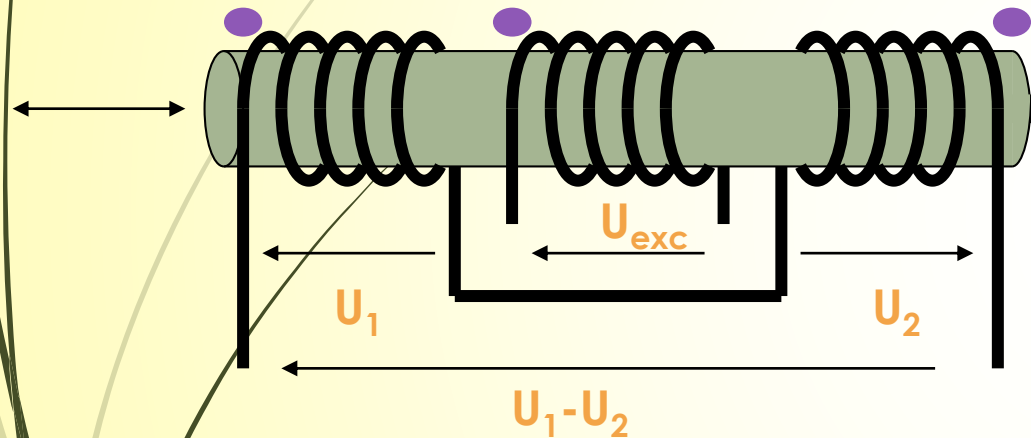


$$U_s = \frac{\Delta L}{2L_0} U_e$$

Ej. diferencial

Sensores inductivos

- Transformador diferencial de variación lineal
LVDT: Linear Variable Differential Transformer
RVDT: Rotary Variable Differential Transformer



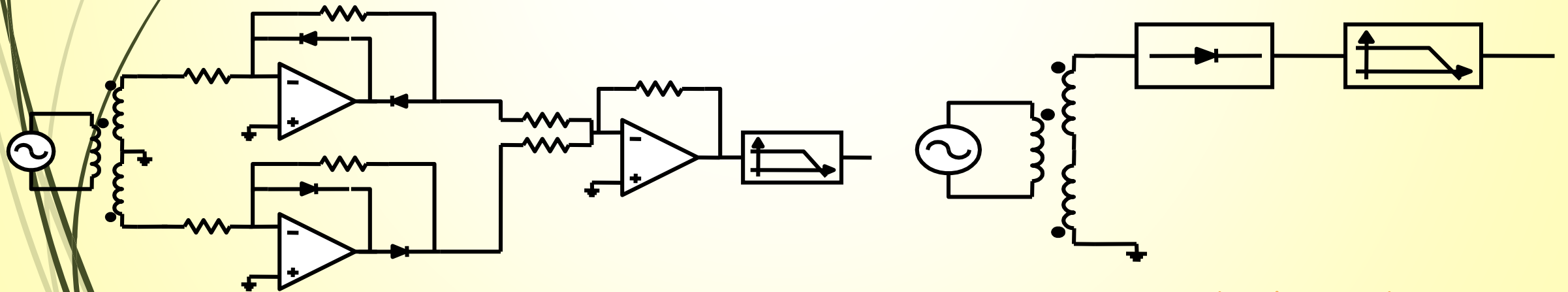
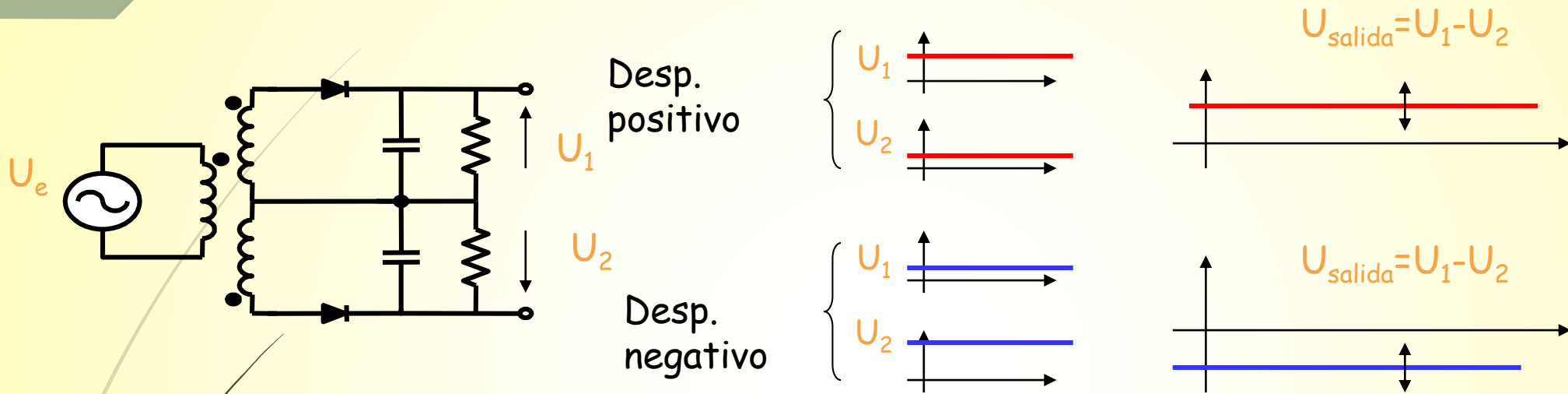
Sensores inductivos

LVDT

- Excitación: Fuente senoidal 1-10kHz de unos pocos V con baja distorsión armónica (<2-3%) y baja variación con la temperatura
- Rozamiento muy bajo
- Coste relativamente bajo
- Muy fiable
- Linealidad muy elevada hasta el 0,05%
- Alcances desde mm. Hasta algunas decenas de cm.
- Buena estabilidad
- Sensibilidad 0,02mV/V/0,001cm a 5mV/V/0,001cm
- Tiempo de respuesta relativamente pequeño
- Frecuencia máxima 2kHz (resonancia)
- Variación con la temperatura 12 ppm/°C. (Potenciómetros 20-40 ppm/°C)

Sensores inductivos

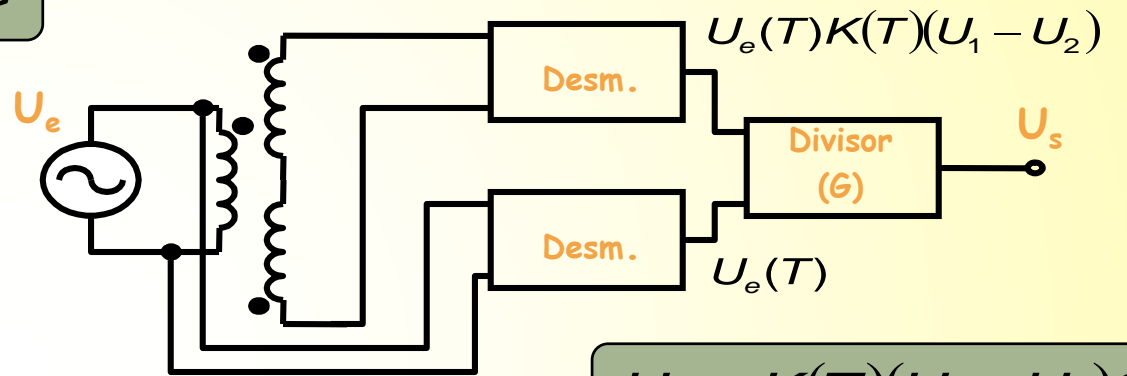
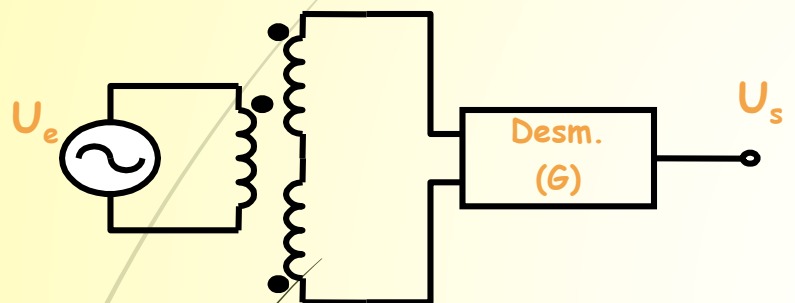
LVDT



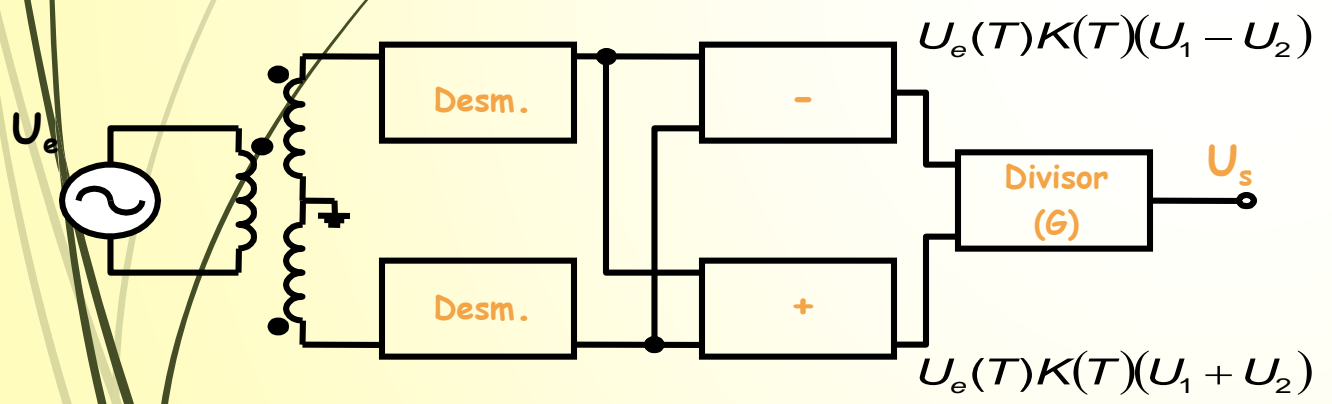
Sensores inductivos

LVDT

$$U_s = U_e(T)K(T)(U_1 - U_2)G$$



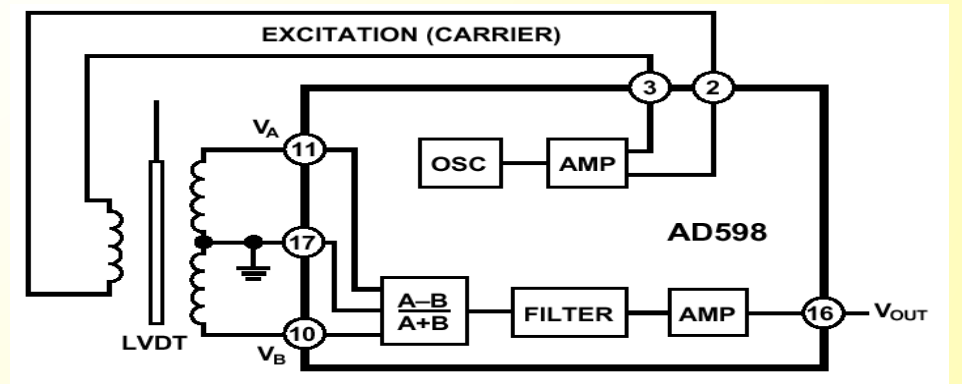
$$U_s = K(T)(U_1 - U_2)G$$



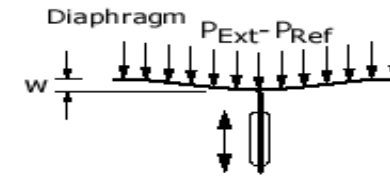
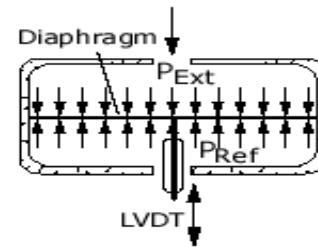
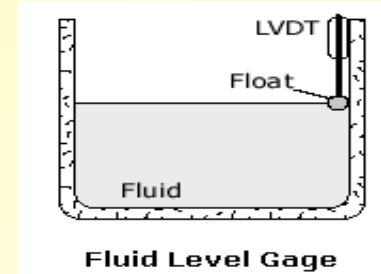
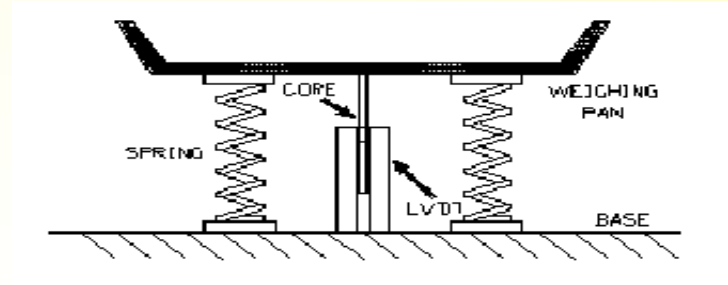
$$U_s = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} G$$

Ejemplos

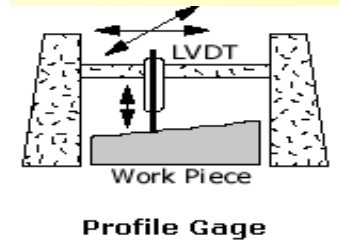
- AD598 de Analog Devices



LVDT-Aplicaciones



Diaphragm Pressure Gage



Profile Gage



GM7208-1
LVDT
GAS TURBINE CONTROLS
"FM" CERTIFIED
IS/1/ABCD-NI/2/ABCD

- Clasificación según la magnitud que miden:

Sensor de temperatura

Sensor de luz

Sensor de contacto

Sensor de humedad

Sensor de proximidad

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a dark green vertical bar on the far left. A light green arrow points to the right from the top of this bar. Several thin, curved lines in shades of green and grey sweep upwards and to the right from the bottom left corner.

- Clasificación según el tipo de salida que den:

Sensor lineal

Sensor no lineal

SENSORES DE TEMPERATURA

Se usa una gran variedad de transductores para medir la temperatura. Algunos de ellos convierten directamente la temperatura en una señal eléctrica, mientras que otros deben emplearse en combinación con un transductor eléctrico, para convertir la temperatura en alguna forma eléctrica.



Los tipos de transductores de temperatura son:

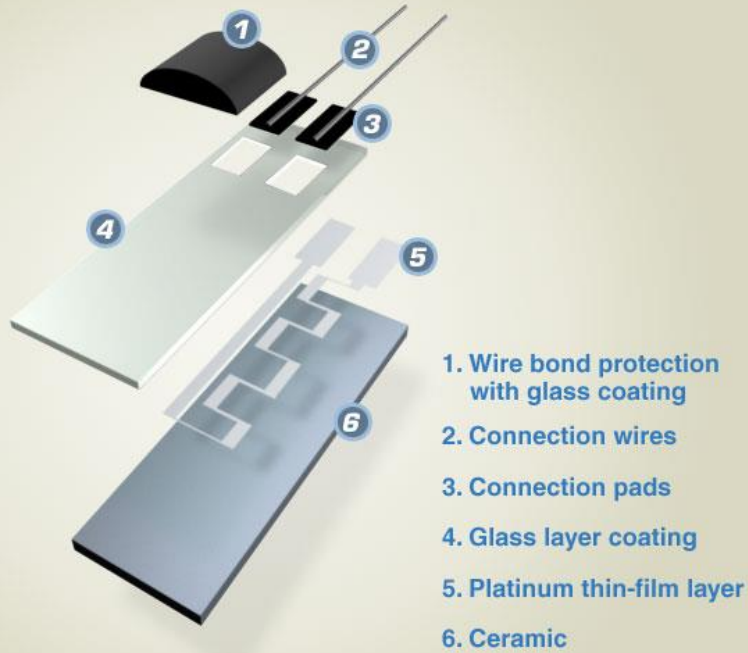
- Detectores de temperatura resistivos (RTD).
- Termistores.
- Banda bimetalicas.
- Termopares.
- Sensores de Semiconductor o estado Sólido.
- Pirometros de Radiación.

DETECTORES DE TEMPERATURA RESISTIVOS (RTD)

Proviene de las iniciales inglesas RTD (Resistance Temperature Detector).

Sensor de temperatura basado en el cambio de resistencia de un conductor cuando existe un cambio de temperatura.

Cuando la temperatura aumenta la vibración de los electrones alrededor de los núcleos se incrementa reduciéndose de esta forma la velocidad media, lo que implica un aumento de resistencia.



- La mayoría de los RTD están compuestos por un cable fino arrollado alrededor de un núcleo cerámico o de cristal.
- El material más utilizado es el platino
- Un RTD se le denomina Pt100 debido a que a 0°C la resistencia es de 100Ω .
- Debido a la fragilidad de las RTD se suelen proteger dentro de una cápsula que puede encontrarse comercialmente con diversas formas.

Limitaciones

- No se puede medir temperatura cercanos a la temperatura de fundición
- Evitar autocalentamiento.

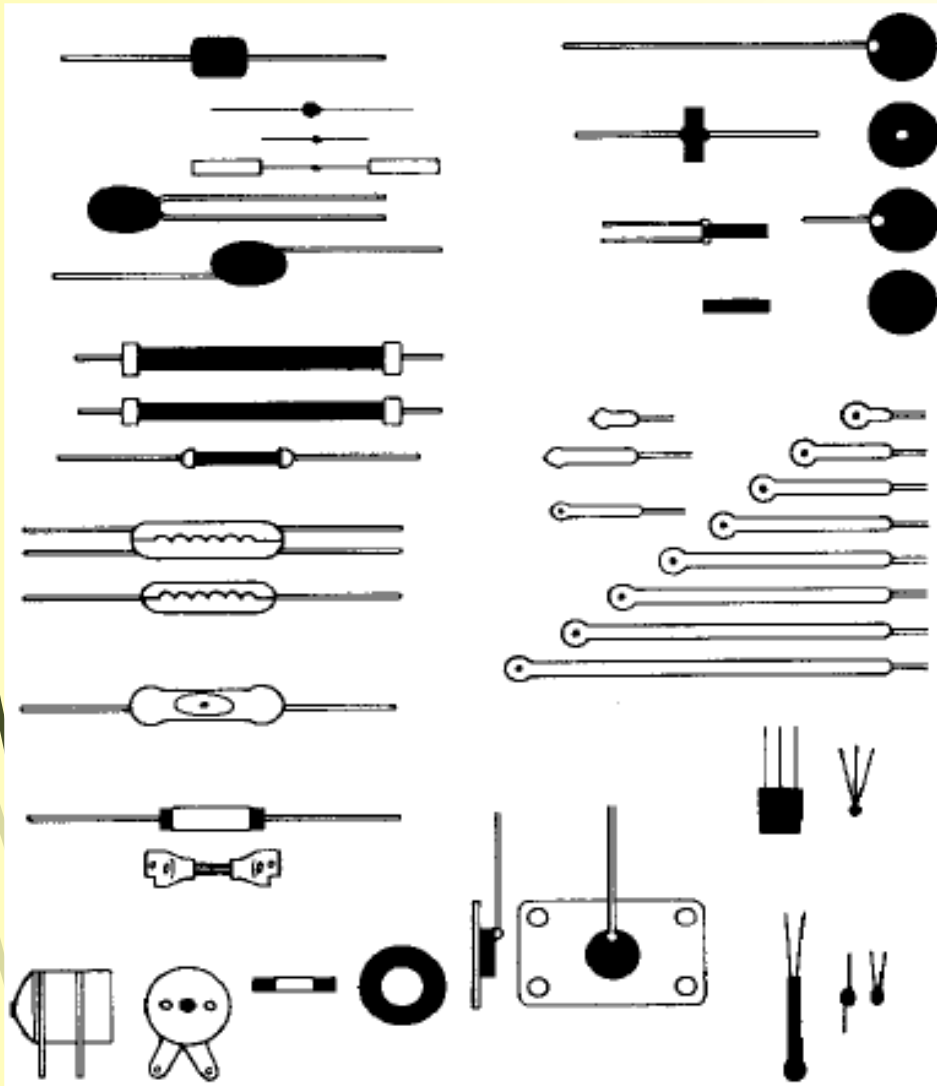
Aplicación

- Donde se requiera alta sensibilidad, alta repetibilidad y gran precisión se emplea platino y para bajo costo el coste cobre y níquel.

	Resistividad a 20°C, $\mu\Omega\text{cm}$	α , $\Omega/\Omega/\text{K}$	R_0, Ω a 0°C	Rango °C
Platino	10.6	0.00385	25,50,100,200,500...	-200 a 260
Cobre	1.673	0.0043	10 (20°C)	-200 a 260
Níquel	6.844	0.00681	50,100,120	-80 a 320
Molibdeno	5.7	0.003786	100,200,500,1000,2000	-200 a 200

Aplicaciones

- Medición de temperatura por calentamiento externo
- Medición de flujos por enfriamiento.
- El NTC en paralelo con resistencia, se utiliza como un sensor lineal.



- Posibilidad de ligeros cambios de las características con el paso del tiempo.
- Este fenómeno se minimiza en los modelos sometidos a envejecimiento artificial.
- Intercambiabilidad sólo garantizada para modelos especiales.
- Necesidad de reajuste del circuito en caso de sustitución.
- Alta sensibilidad y alta resistividad.
- Comportamiento no lineal.
- Linealizable a costo de perder sensibilidad.
- Considerando varios modelos, amplio margen de temperaturas $[-100^{\circ}\text{C}, +450^{\circ}\text{C}]$
- Bajo precio.

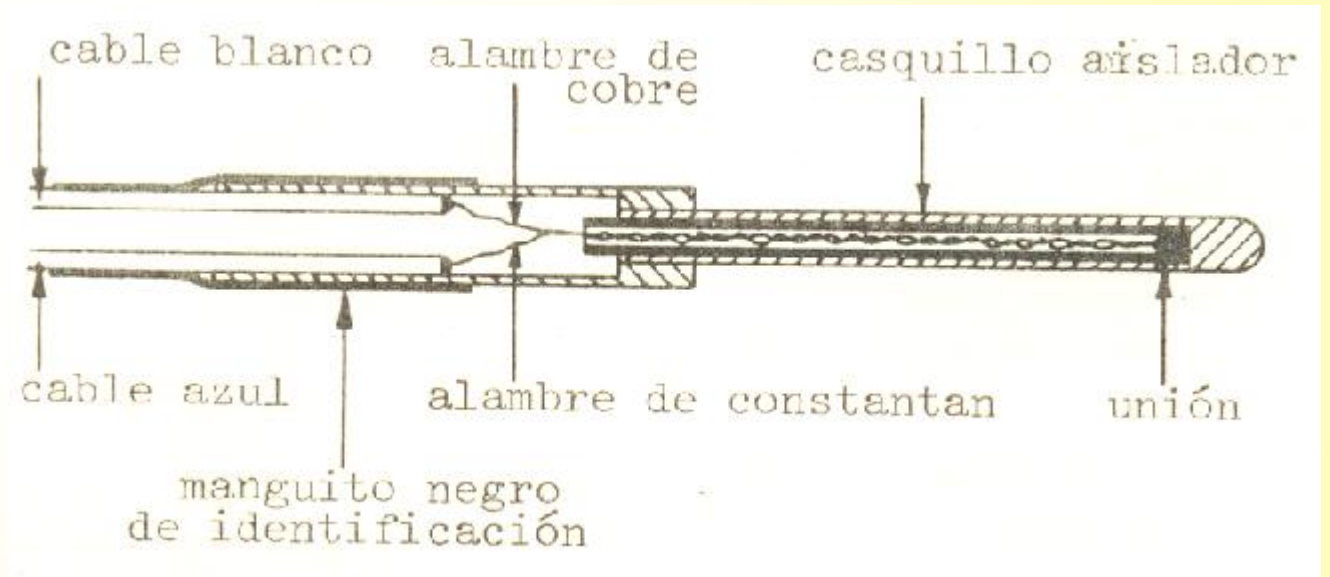
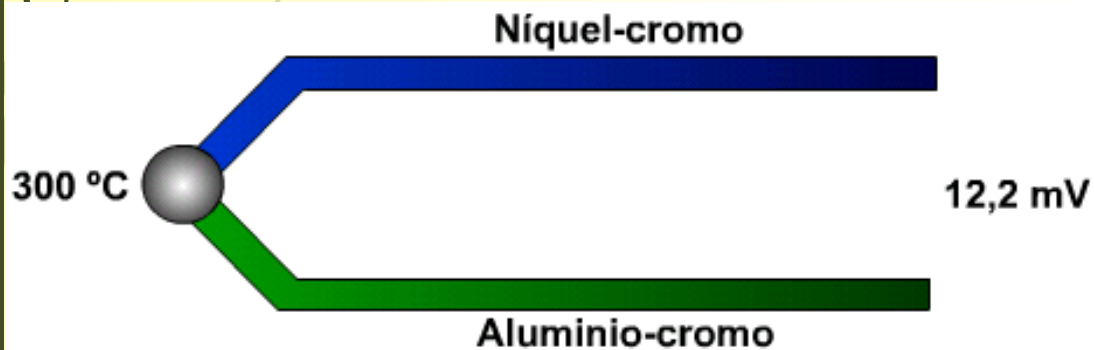
TERMOPARES

Un termopar es un dispositivo capaz de convertir la energía calorífica en energía eléctrica.

Fue descubierto por Seebeck en 1821 cuando hizo circular corriente eléctrica en un circuito, formado por dos metales diferentes cuyas uniones se mantienen a diferentes temperaturas.

El más común de los termopares es la termocupla.

El diagrama inferior muestra un termopar del tipo K, que es el más popular:

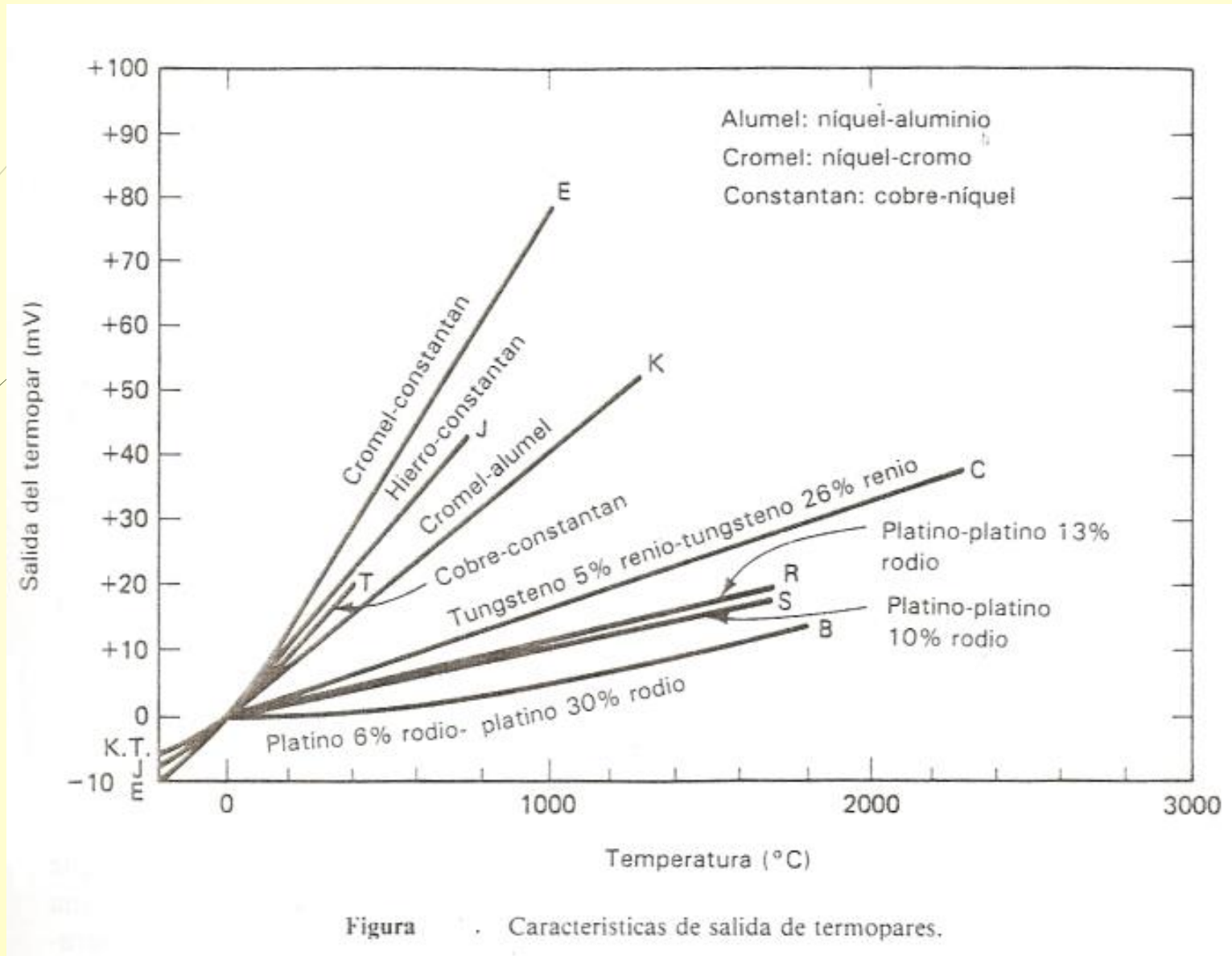


TERMOPARES COMUNES

TABLA ALGUNOS TERMOPARES COMUNES

Materiales de unión	Rango típico de temperatura de aplicación (°C)	Variación del voltaje en el rango (mV)	Designación ANSI
Platino-6% rodio/platino-30% rodio	38 a 1800	13.6	B
Tungsteno-5% renio/tungsteno-26% renio	0 a 2300	37.0	(C)
Cromel/constantan	0 a 982	75.0	E
Hierro/constantan	-184 a 760	50.0	J
Cromel/alumel	-184 a 1260	56.0	K
Platino/platino-13% rodio	0 a 1593	18.7	R
Platino/platino-10% rodio	0 a 1538	16.0	S
Cobre/constantan	-184 a 400	26.0	T

GRAFICA DE COMPORTAMIENTO



PIROMETROS

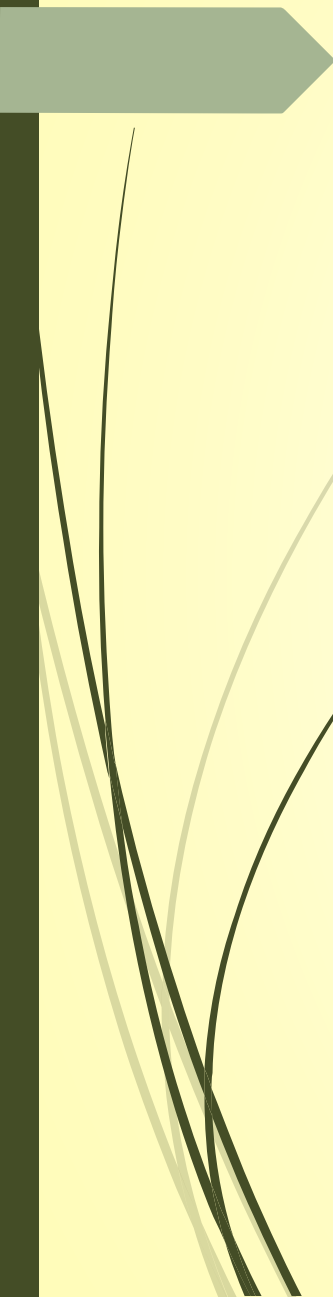


Determinan la temperatura estudiando el color, la cantidad y el brillo de la radiación emitida por un cuerpo incandescente.

Dependiendo de la característica de la radiación que guíe la medición los pirómetros pueden ser:

- Ópticos** : si se basan en el brillo de la radiación.
- De Radiación:** si se basan en la cantidad o intensidad de la radiación.
- De color.**



A decorative graphic on the left side of the slide. It features a dark green arrow pointing to the right at the top. Below it, several thin, curved lines in shades of green and black sweep downwards and to the right, creating a dynamic, abstract shape.

Los pirómetros son los sensores de temperatura mas recientes se han desarrollado.

El circuito integrado LM35A, es un ejemplo de un pirómetro que se comportan como una fuente de corriente en función de la temperatura. Su rango de operación es de 0° a 150°K , genera sistemáticamente $10^{-6} \text{ A}/^{\circ}\text{K}$, existen versiones que generan $10^{-6} \text{ A}/^{\circ}\text{C}$ y $10^{-6} \text{ A}/^{\circ}\text{F}$.

SENSORES ÓPTICOS

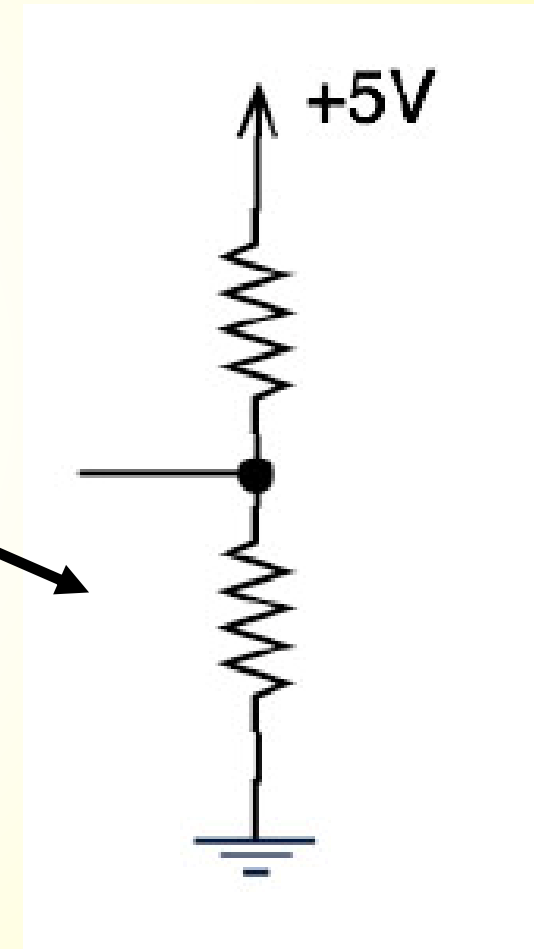
- ✓ Son sensores que miden variables relacionadas con la luz.
- ✓ Son de suma importancia en la actualidad, debido en parte al desarrollo de la **tecnología láser**
- ✓ Pueden medir intensidad lumínica, color de la luz, distribución de potencia, polarización.
- ✓ En esta clase veremos **la fotorresistencia y el fototransistor**, la base de muchos de estos sensores.

SENSORES OPTICOS RESISTIVOS

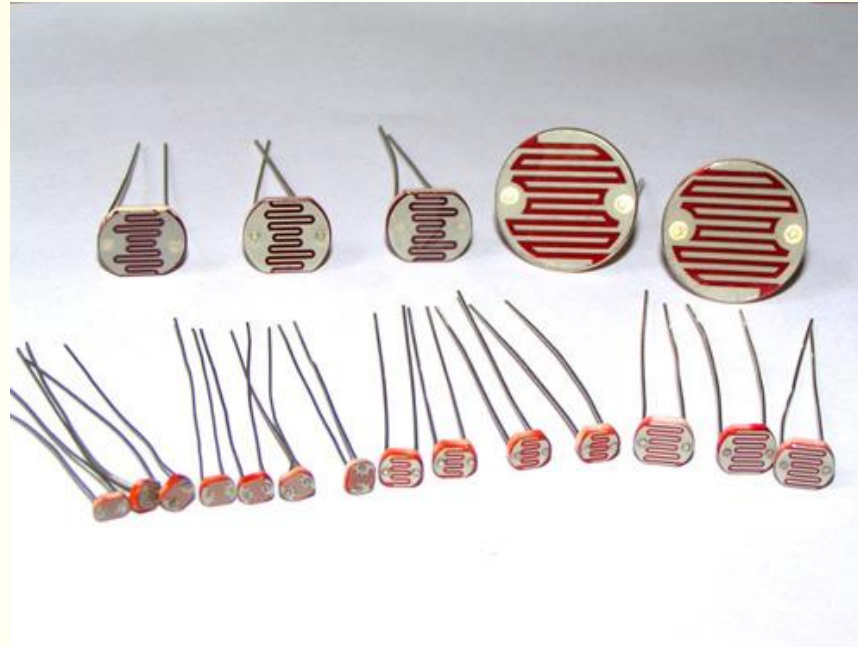
Son sensores cuya variable medida modifica el valor de una resistencia

Esta variación, la mediremos con una resistencia más a continuación del sensor

De esta forma, tenemos un **divisor de tensión** y mediremos la diferencia producida en el voltaje del sensor



Sensores resistivos: fotorresistencias



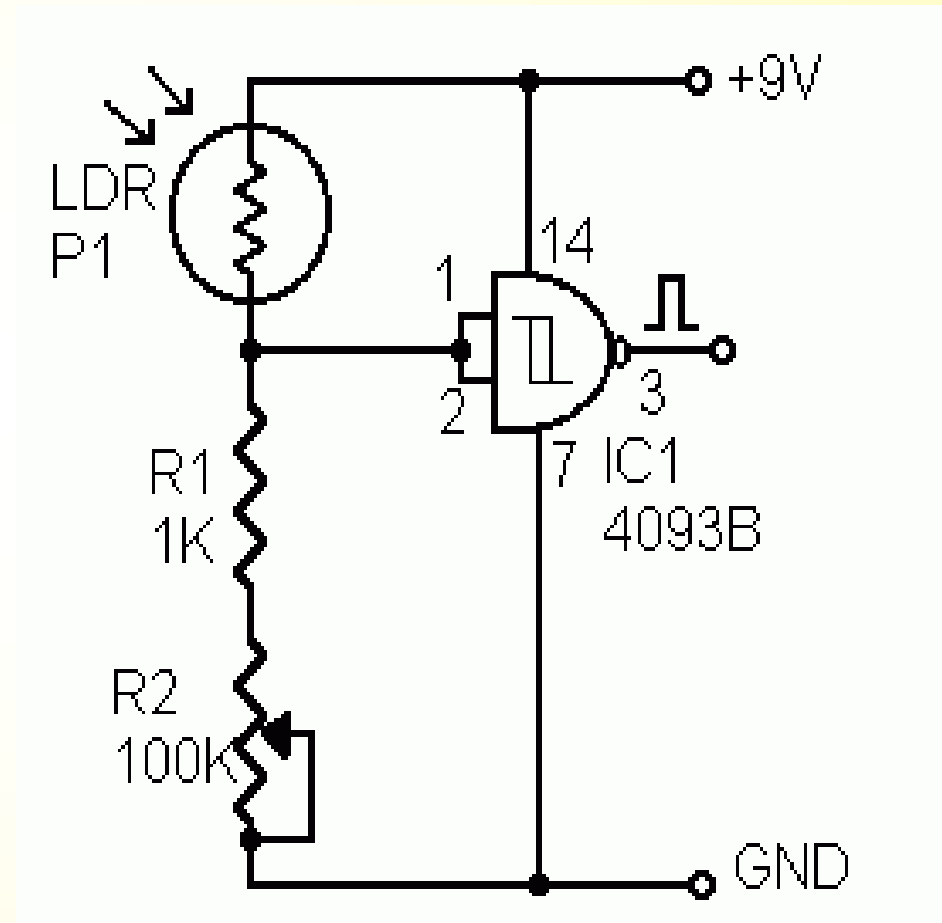
Su resistencia varía con la luz que incide sobre ellas:

- disminuye al aumentar la luz que reciben
- aumenta al recibir menos luz

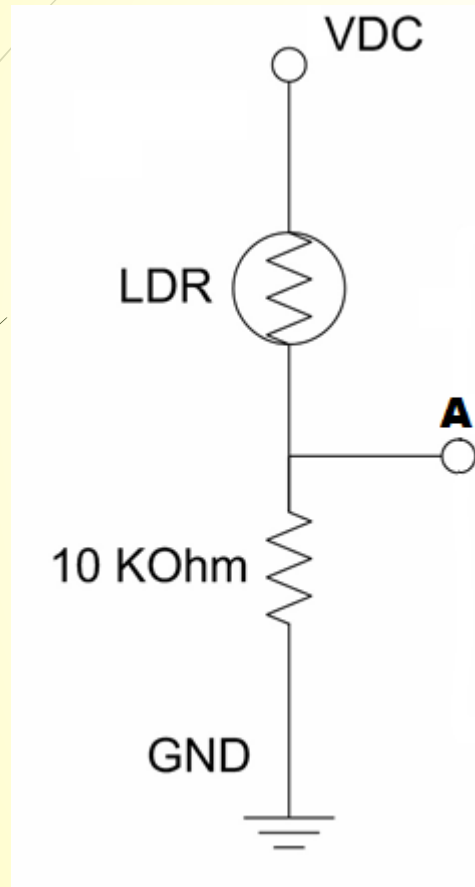
➔ Cómo utilizar una fotorresistencia

Generalmente forman parte de un **divisor de tensión**, cuya salida se inyecta a un comparador con histéresis al que se le pone un umbral

También pueden conectarse varias para detectar cuál recibe más luz



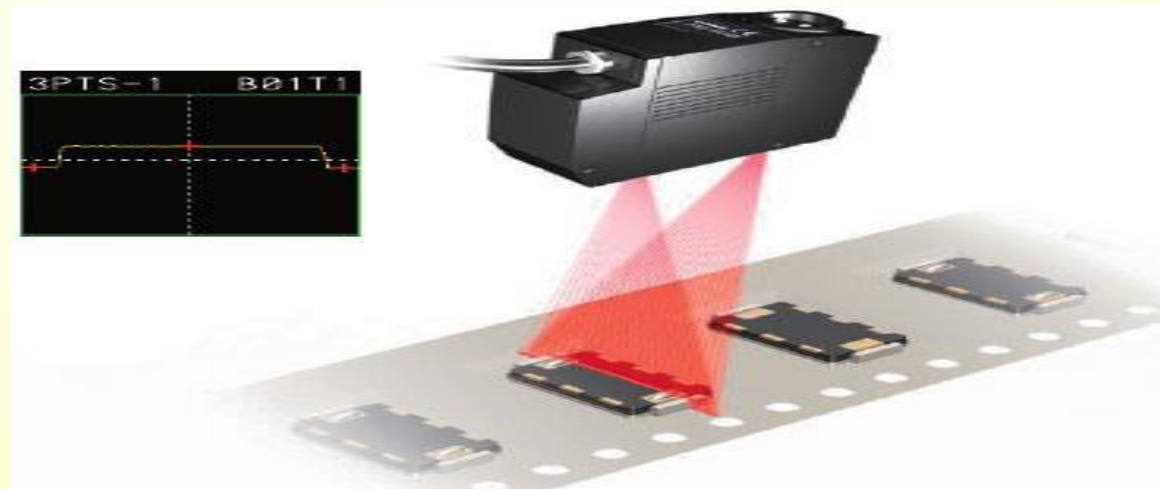
Fotoresistencia como divisor de voltaje



Conectaremos el divisor de voltaje, en el nodo A podemos, obtener un valor de corriente.

SENSORES OPTICOS REFLECTIVOS

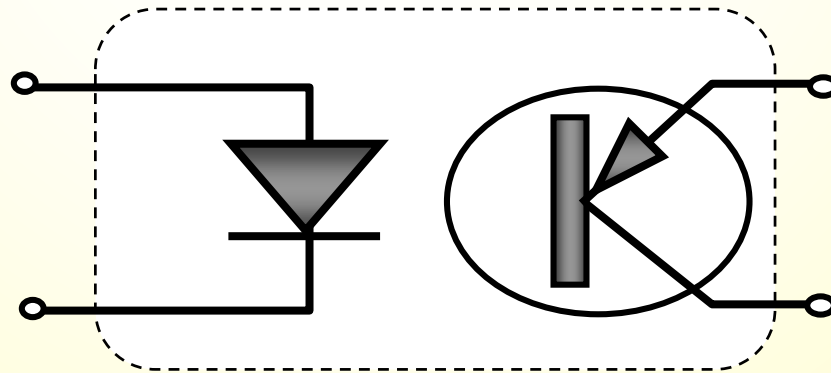
- ✓ Constan de un emisor y un sensor de luz colocados juntos, sin línea de visión directa
- ✓ El sensor detectará la luz reflejada por los objetos próximos
- ✓ Hay materiales que reflejan más o menos la luz.



Fototransistores y optoaisladores

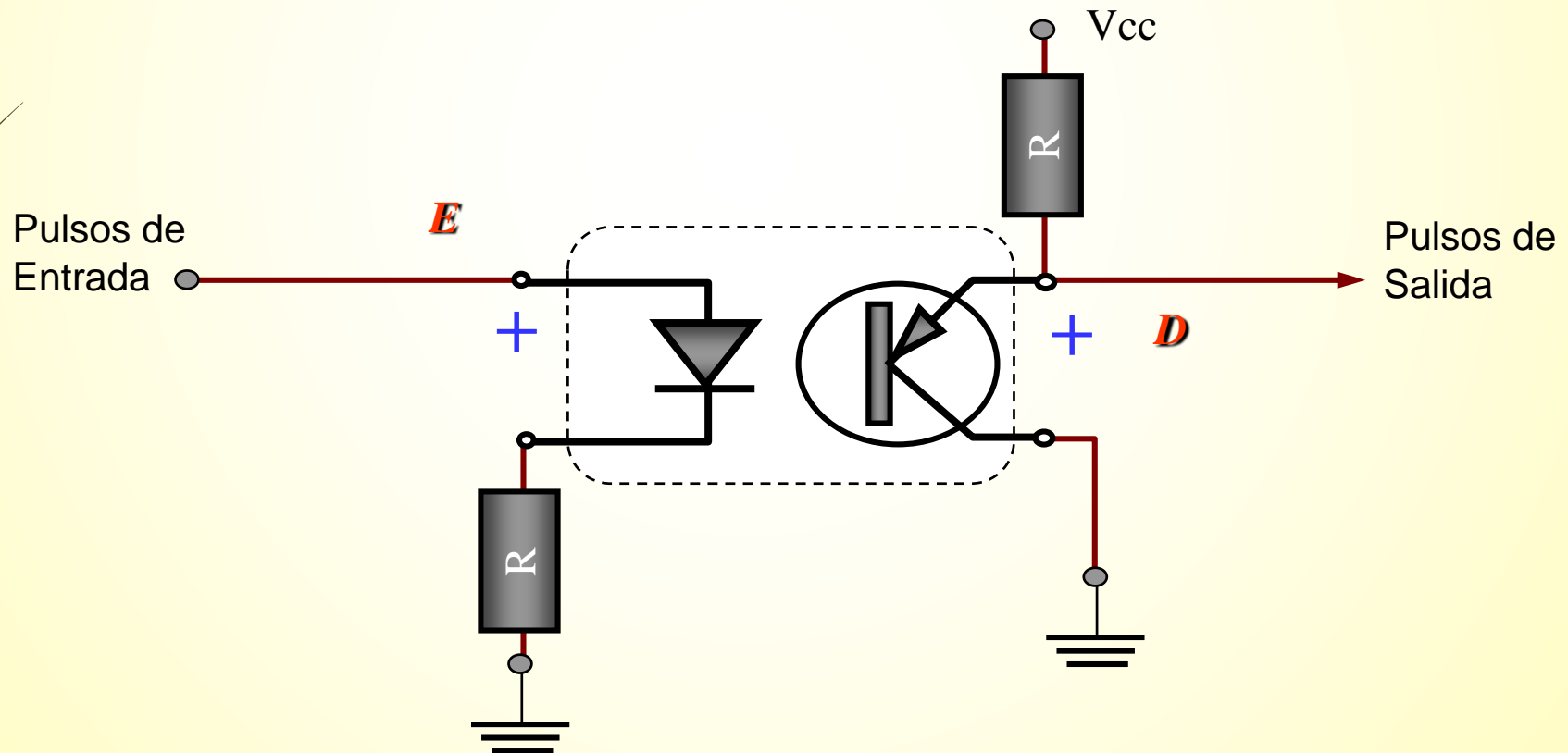
Las configuraciones comerciales que tienen son similares en la distribución del fotodiodo (emisor) y un fototransistor (receptor).

Operan en forma lineal, se usa con la configuración de conmutador, permitiendo que el transistor pase del corte a la saturación, cuando se aplican pulsos de corriente al fotodiodo.



Configuración típica

La forma de utilizar estos dispositivos es:



Fotodarlington

Es el mismo que el fototransistor, con una ganancia mucho mayor debido a las dos etapas de amplificación, conectadas en cascada, incorporadas en una sola pastilla.

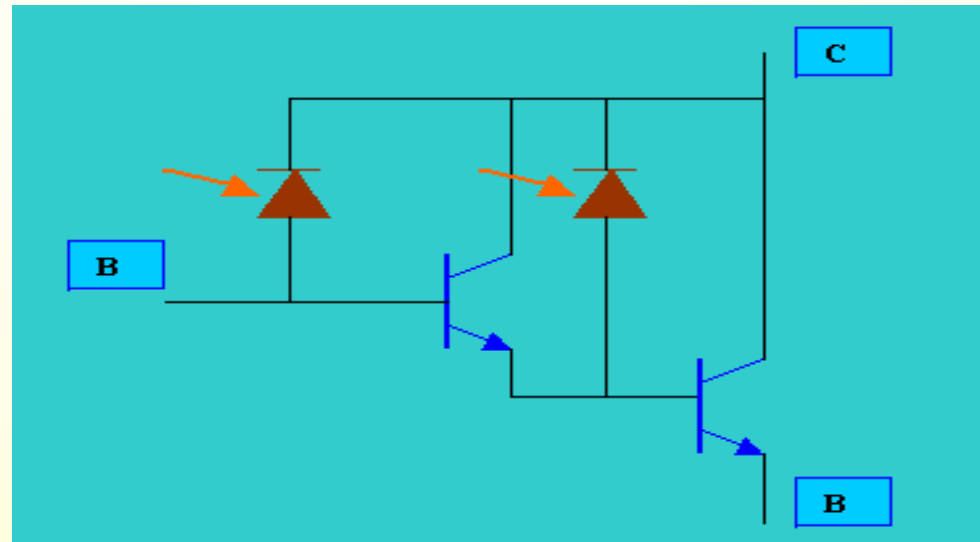
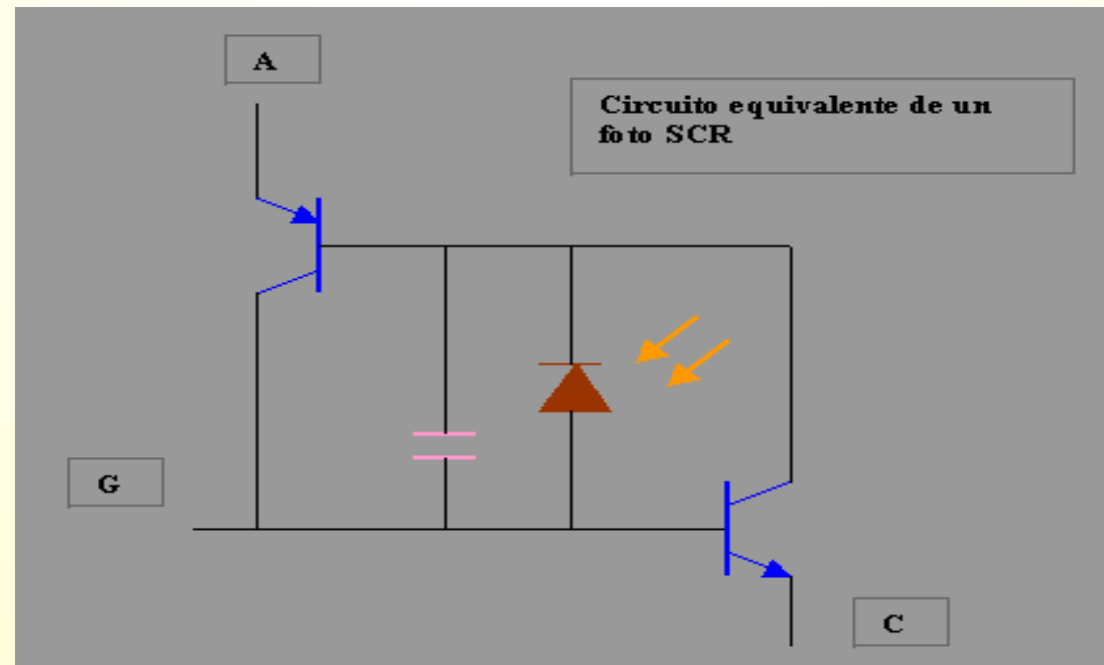


FOTO SCR

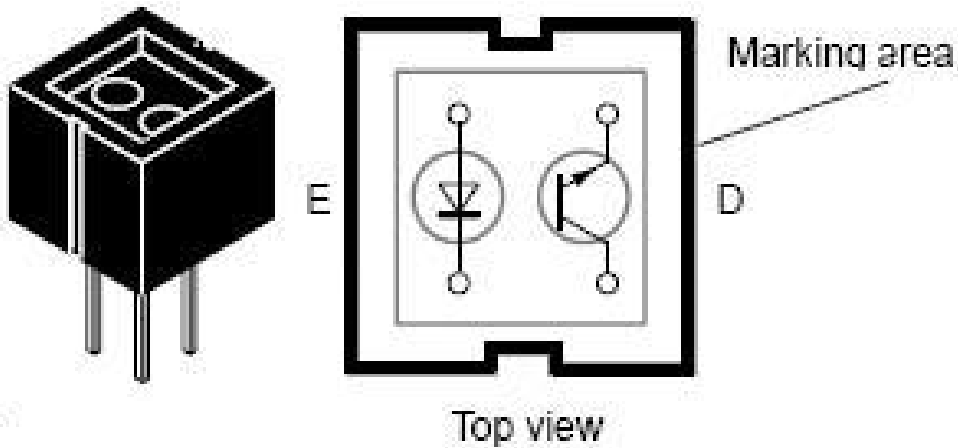
El circuito equivalente con dos transistores del rectificador controlado de silicio ilustra el mecanismo de conmutación de este dispositivo.



Sensores reflectivos: CNY 70



- ✓ Es un sensor reflectivo compacto y económico
- ✓ Consta de un LED infrarrojo y un fototransistor NPN
- ✓ Es de rango corto de 0 a 10mm, siendo la distancia óptima de unos 4mm.

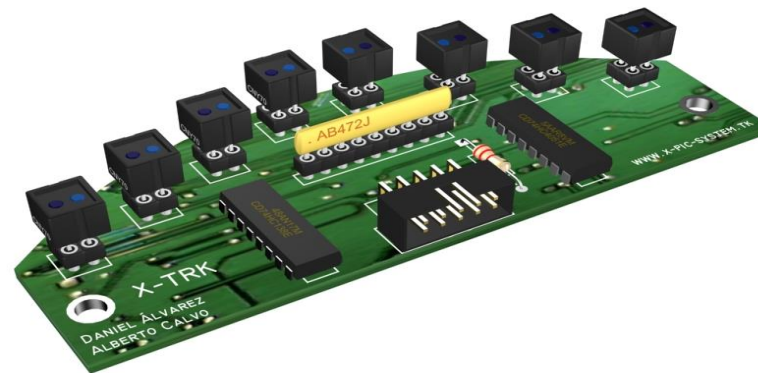


CNY 70: cómo utilizarlo

- ✓ Debemos alimentar al diodo con una resistencia que limite la corriente. El LED tiene un V_f de 1.25V típicos, y puede alimentarse hasta a 50mA
- ✓ Pretendemos saturar el transistor, así que emplearemos una resistencia de colector suficientemente grande. La tensión de colector la inyectaremos a un comparador con histéresis. Esta dependerá de la luz reflejada

CNY 70: aplicaciones típicas

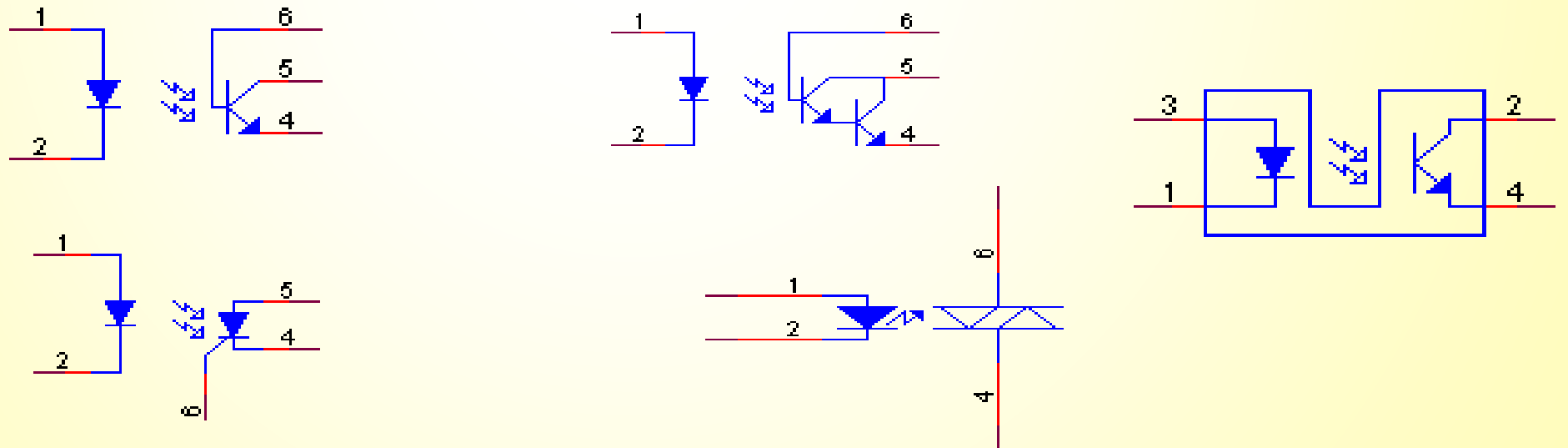
- Suele emplearse en robots siguelíneas para detectar la línea sobre el suelo
- También puede emplearse para detectar el paso de objetos por delante del sensor
- Incluso puede utilizarse para transmitir datos



Optoacopladores

También se denominan optoaisladores o dispositivos de acoplamiento óptico. Basan su funcionamiento en el empleo de un haz de radiación luminosa para pasar señales de un circuito a otro sin conexión eléctrica.

Fundamentalmente este dispositivo está formado por una fuente emisora de luz, y un fotosensor de silicio, que se adapta a la sensibilidad espectral del emisor luminoso.



Optoacopladores

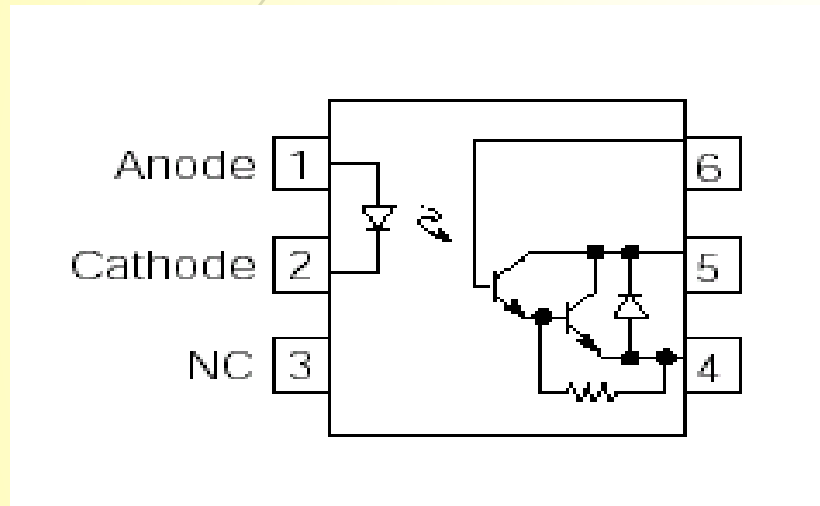


Figure 4. Non-saturated and saturated collector emitter current versus LED current

