

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE LA CIUDAD DE MÉXICO



SENSORES Y ACTUADORES

JOSE ALFREDO MARTINEZ PEREZ

SENSORES Y ACTUADORES

Prof: Os [redacted] S [redacted] A [redacted]

Antecedentes: Metrología

Acondicionamiento de Señales

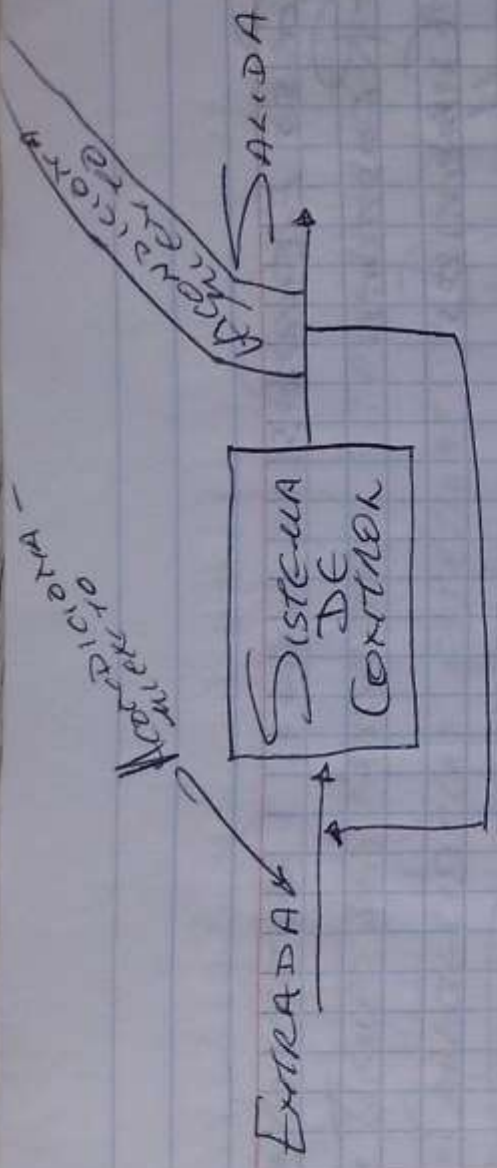
@msn.com 55 [redacted]

- 1.- Conceptos Generales
- 2.- Medición
- 3.- Sensores Analógicos
- 4.- Sensores Digitales
- 5.- Presentación de Datos
- 6.- Actuadores

- Sensores y Acondicionamiento de Señales
RAMÓN PARRÁS
- MECHATRONICS HANDBOOK
CRC PRESS

Evaluación.

EXAMEN 50%
PRÁCTICAS 20%
PROYECTO 30%



TRANSDUCTOR {
 ELECTRICA
 MECANICA
 OPTICA
 QUIMICA / MOLECULAR
 MAGNETICA
 TERMICA

* SENSOR. → CONVIERTE A ELECTRICA
 → PUEDE UTILIZAR DIFERENTES TRANSDUCTORES FORMANDO UN SOLO SENSOR
 → PROPORCIONA INFORMACION DEL OBTORNO

~~ACTIVADOR~~

→ MODIFICA LAS CONDICIONES PRESENTES
 → TRANSFORMA DE ENERGIA ELECTRICA A MECANICA

CLASIFICACION DE SENSORES

- POR LA ENERGIA UTILIZADA
 - ACTIVOS
 - PASIVOS
- POR EL TIPO DE SEÑAL
 - HUMEDAD
 - LUZ
 - PRESION.
 - ETC.

Por sus Efectos

- RESISTIVOS
- CAPACITIVOS
- Magnéticos

• Por su campo de aplicación.

CARACTERÍSTICAS.

INTERVALO Y EXTENSIÓN.

-15°C → 200°C + INTERVALO EXTENSIÓN 215

50° → 265°C + " EXTENSIÓN 215

Error

- TEMPERATURA
- HISTÉRESIS
- Tensión de Alimentación.

RESOLUCIÓN

MIXIMA CANTIDAD MEDIBLE CON ESTE SENSOR

• SENSIBILIDAD $\mu\text{V}/\text{C}$

• REPEATIBILIDAD Desv. ESTANDAR

• ESTABILIDAD BAJO LAS MISMAS CIRCUNSTANCIAS
LA RESPUESTA ES LA MISMA

• LINEALIDAD.

V K K K

- EXACTITUD LO MENOS DEL ERROR
- TIEMPO DE RESPUESTA. SE DEBE AL TRANSDUCTOR
- CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS Y DINÁMICAS.

MIERCOLES

PARA UN SISTEMA DE PRIMER ORDEN

ENTRADA	ERROR DINÁMICO	RETRASO
ESCALON $u(t)$	0	τ
RAMPA, Rt	$R[t + K(\tau - t)]$	τ
SENO $A \sin \omega t$	$A \sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}^{1/2}$	$(\text{Arctan}(\omega \tau)) / \omega$

PARA MEDIR UN FLUJO TURBULENTO CON VARIACIONES MÁXIMAS DE 100 Hz SE EMPLEA UN SENSOR CON UNA RESPUESTA DINÁMICA DE 1er ORDEN

EL ERROR DINÁMICO SE DESEA MANTENER AL 5% MÁXIMO

¿CUAL DEBERÁ DE SER LA CTE DE TIEMPO DEL SENSOR

$\omega = 100 \text{ Hz} = 628.3 \text{ rad/s}$

ERROR DINÁMICO $\leq 5\%$

SISTEMA DE 1er ORDEN

$$1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}} = 0.05$$

$$\frac{0.05}{1} = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}} = -1 + 0.05$$

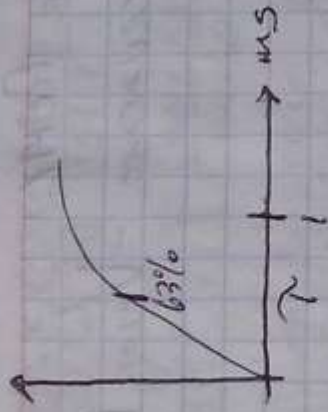
$$\left(\frac{1}{0.95}\right)^2 = 1 + (628.3)^2 \tau^2$$

$$\left(\frac{1}{0.95}\right)^2 - 1 = \tau^2 \quad \tau = \sqrt{\frac{\left(\frac{1}{0.95}\right)^2 - 1}{628.3^2}}$$

$$(1 - 0.05)^2 = \frac{1}{1 + 628.3^2 \tau^2}$$

$$\tau = \sqrt{\frac{1 - (1 - 0.05)^2}{(1 - 0.05)^2 (628.3)^2}} = 1$$

$$\tau = 5.23 \times 10^{-4} \text{ s}$$



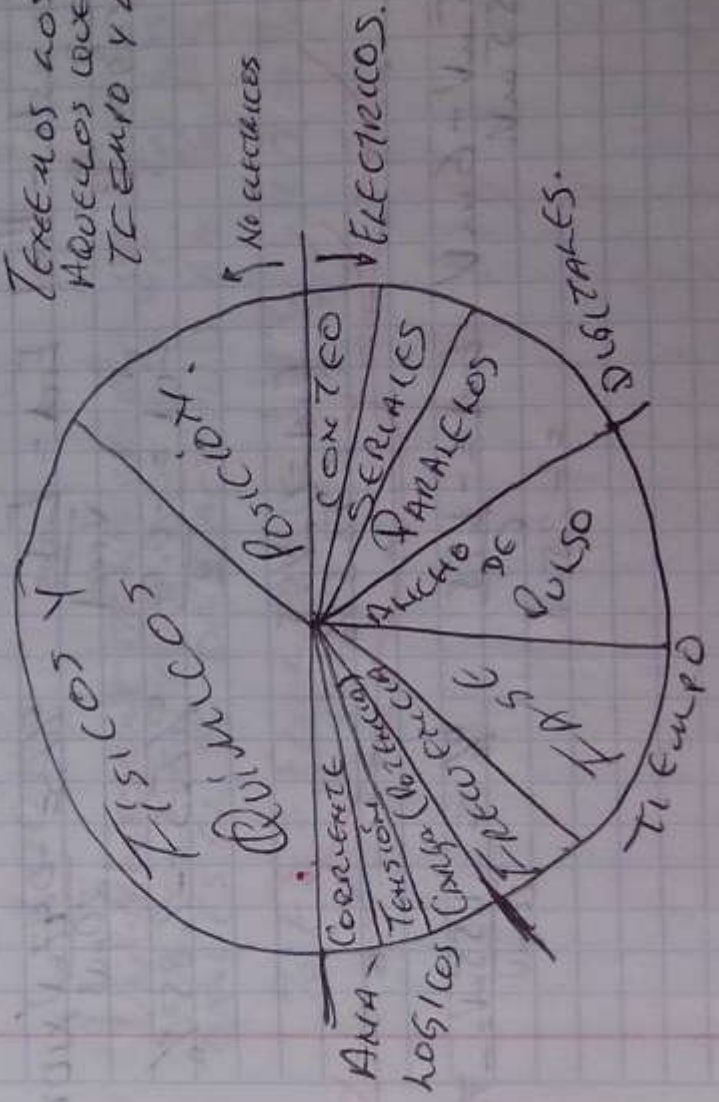
Medición.

- VARIABLES DE PROCESO.
- COMPARACIÓN
- CALIBRACIÓN → - AJUSTANDO LA F. T.
- AJUSTAR EL SIST. DE ADQUISICIÓN DE DATOS
- COMPARACIÓN DIRECTA CON EL PATRÓN METRO (MAGNITUD) A MEDIR.

DOMINIO DE DATOS

Posición Es de los que se quieren controlar o medir

TEXERLOS LOS ANALÓGICOS
AQUELLOS QUE DEPENDEN DEL
TIEMPO Y LOS DIGITALES.



$$\text{Error} = \text{Valor Medido} - \text{Valor Real}$$

$$\text{Error Absoluto} = \text{Valor de Instrumento} - \text{Valor Real}$$

$$\text{Error \% F.S}$$

Error en lectura

Un sensor de temperatura debería proporcionar una señal de $0V - 0^\circ C$ y de $20mV - 100^\circ C$. AL HACER DOS MEDICIONES SE OBTUBIERON LOS SIGUIENTES $10^\circ C \rightarrow 1.03mV$ y $30^\circ C \rightarrow 4.45mV$ (real) es el error absoluto, relativo y % F.S. (Porcentaje de escala completa) para cada una de las mediciones

$$0V - 0^\circ C$$

$$20mV - 100^\circ C$$

$$\frac{100^\circ C}{20mV} = \frac{10^\circ C}{X}$$

$$X = \frac{(10^\circ C)(20mV)}{100^\circ C}$$

$$1.03mV - 10^\circ C$$

$$4.45mV - 30^\circ C$$

$$X = 2mV$$

Absoluto

$$\text{Error abs} = \text{Valor instr.} - V_{\text{real}}$$

$$= 1.03 - 2$$

$$= -0.97mV$$

Relativo

$$E_{rel} = \frac{E_{abs}}{V_{real}}$$

$$E_{rel} = \frac{-0.97}{2}$$

% F.S.

$$\% F.S. = \frac{-0.97mV}{20mV} \times 100$$

$$\% F.S. = -4.85\%$$

$$E_{rel} = 0.485$$

$$= 48.5\%$$

$$E_{abs} = 4.45mV - 6mV$$

$$= -1.55mV$$

$$E_{rel} = -\frac{1.55}{6}$$

$$= -25.8$$

$$\% = -\frac{1.55mV}{20mV} = -7.75\%$$

UN MANÓMETRO TIENE UN RANGO DE 50 PSI CON UNA DISTORSIÓN DE ± 4.35 PSI ENCONTRAR SU ERROR A FORTO A ESCALA %FS

0-50 PSI
 ± 4.35 PSI

$$\% FS = \frac{\text{Error Abs.}}{\text{Rango}} \times 100 = \frac{\pm 4.35 \text{ PSI}}{50 \text{ PSI}} \times 100 = \pm 8.7 \%$$

LA BASCULA QUE TIENE CAPACIDAD PARA 200 LBS INDICA QUE LA EXACTITUD DE LAS LECTURAS ES $\pm 2.5\%$ CUAL ES LA DESVIACIÓN ESPERADA EN UNA LECTURA DE 50 LB EX-
~~ACTITUD~~ $\frac{100 \text{ LB}}{200 \text{ LB}}$ Y CUAL ES LA EXACTITUD EQUO
~~EN~~ % F.S.

200 lb
 $\pm 2.5 \%$ 50 lb
100 lb.

$$50 \text{ lb} \left(\frac{\pm 2.5 \%}{100 \frac{\text{lb}}{200 \text{ lb}}} \right) = \pm 1.25 \text{ lb}$$

$$100 \text{ lb} \left(\frac{\pm 2.5 \%}{100 \frac{\text{lb}}{200 \text{ lb}}} \right) = \pm 2.5 \text{ lb}$$

$$\frac{\pm 2.5}{100} \times 100 = \pm 2.5 \text{ lb.}$$

200 lb

UN SENSOR DE TEMPERATURA CON RANGO DE 120°C Y UNA EXACTITUD DE $\pm 3^{\circ}\text{C}$ EN SUS LECTURAS CUAL ES EL % DE EXACTITUD EN % F.S.

$$\% FS = \frac{\text{Error Abs.}}{\text{Rango}} \times 100 = \frac{\pm 3^{\circ}\text{C}}{120^{\circ}\text{C}} \times 100 = \pm 2.5 \%$$

UN SENSOR DE FLUJO TIENE UN RANGO DE 25 m³/s
 Y UN PORCENTAJE FONDO DE ESCALA DE 4.5% (CUAL ES SU
 EXACTITUD ABSOLUTA POR LECTURA A.S)

0-25 m³/s

$$\% FS = 4.5\%$$

$$\% FS = \frac{E_{ABS}}{RANGO} = 4.5\% = \frac{E_{ABS}}{25 m^3/s} \times 100$$

$$E_{ABS} = \left(\frac{4.5\%}{100} \right) (25 m^3/s) = \frac{112.5}{100} = 1.125 m^3/s$$

UN SENSOR DE PRESIÓN TIENE UN RANGO DE 30 A
 125 KPa Y UNA EXACTITUD DE LECTURA DE ± 2 KPa
 CUAL ES SU EXACTITUD EN % FS Y CUAL ES LA
 EXACTITUD DE SU AMPLITUD.

$$30 - 125 \text{ KPa} = \pm 2 \text{ KPa}$$

% FS

$$\text{Exactitud de amplitud} = \frac{\% FS}{95} = \frac{\pm 2 \text{ KPa}}{95 \text{ KPa}} \times 100 = 2.10\%$$

$$\% FS = \frac{\pm 2 \text{ KPa}}{125 \text{ KPa}} \times 100 = 1.6\%$$

$$E_{ABS} = \left(\frac{1.6\%}{100} \right) (25 \text{ KPa}) = 0.4 \text{ KPa}$$

$$\text{Error Total} = \% FS \times \text{EXACTITUD DE Amp} = 2.1 \times 1.6 = 3.36$$

1.125
 2.10
 3.36

Un resorte para una balanza tiene un rango de 10-120kg con una exactitud absoluta exslectura de ± 3 kg. Calcular %FS y exactitud absoluta.

$$120 - 10 \text{ kg} = 110 \text{ kg}$$

$$\pm 3 \text{ kg}$$

$$\text{Exactitud \%FS} = \frac{\pm 3 \text{ kg}}{120 \text{ kg}} * 100 = 2.5\%$$

$$\text{Exactitud de Amplitud} = \frac{\pm 3 \text{ kg}}{110 \text{ kg}} * 100 = 2.72\%$$

Se tiene un medidor de flujo con un rango de 10-100 fps con una exactitud absoluta al tomar una medición de 45 fps si el instrumento tiene

a) $\pm 0.5\%$ exacturas ~~de~~
b) $\pm 0.5\%$ FS.

~~de~~

$$a) 45 \times \frac{0.5}{100} = \pm 0.225 \text{ fps.}$$

$$b) 100 \times \frac{0.5}{100} = \pm 0.5 \text{ fps.}$$

RUM

SENSOR RESISTIVO

VENTAJAS.

BAJO COSTO
FACIL DE IMPLEMENTAR
ELEMENTOS COMUNES

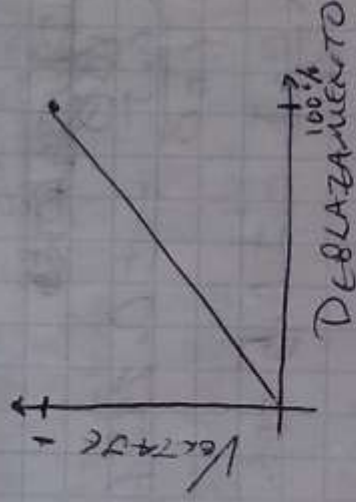
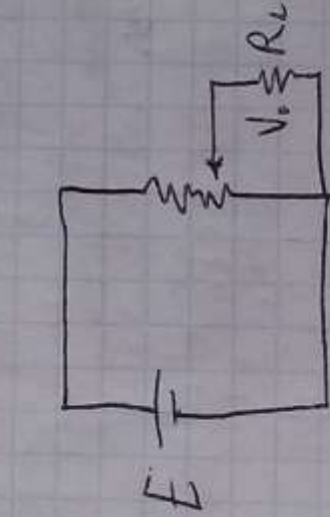
DESVENTAJA

EXACTitud LIMITADA
DESgaste MECÁNICO
REQUIRE DE FUERZA PARA MOVERSE
ANCHO DE BANDA LIMITADA.
(AMPLITUD)

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

DESOLAZAMIENTO (KINEMÁTICO ROTACIONAL)

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



TERMISTOR.

$$R_{T_2} = R_{T_1} (1 - \alpha \Delta T)$$

$$R_{T_2} = R_{EAST} \text{ A LA TEMPERATURA } 1$$

$$R_{T_1} = \text{''} \quad 2$$

α = Coeficiente de temperatura del material

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

COEFICIENTE ELÉCTRICOS

$$R_T = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

T = Temperatura Actual (K)

T_0 = Temperatura de Referencia (K)

R_0 = Resistencia a T_0 (Ω)

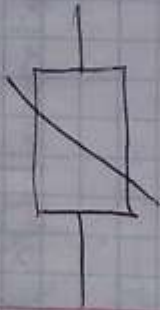
β = Característica de Temp. de material (K)

Nivel = Menor, DC DISTANCIA.

TERMISTOR

NTC

Coefficiente de temp.
Negativo



HASTA 50° APROX

$$R_T = R_0 e^{P(T - \frac{1}{T_0})}$$

$$R_T = A e^{\frac{P}{T}} \quad \rightarrow \quad A = R_0 e^{(\frac{P}{T_0})}$$

SENSIBILIDAD RELATIVA

$$\alpha = \frac{dR_T}{dT} \cdot \frac{1}{R_T} = -\frac{P}{T^2}$$

SE TIENE UN TERMISTOR
CON COEFICIENTE DE TEMP.
NEGATIVO CON UNA $\beta = 4200K$
Y UNA RESISTENCIA DE 100K A
25°C CUAL ES LA
SENSIBILIDAD RELATIVA
A 0°C Y A 100°C

$$\text{PARA } 0^\circ C \quad \alpha = -\frac{4200 K}{0^\circ C - 273.15 K} \cdot \frac{1}{100} = -15.376$$

$$\alpha = -5.63\% / K$$

PTC

Coefficiente de temperatura
Positivo



PARA 100°C

$$\alpha = -\frac{4200}{373^2} \times 100 = -3.01\% / K$$

$$T_0 = 45^\circ C \quad T = 25^\circ C$$

$$R_T = 100 K \Omega e^{(4200 (\frac{1}{298} + \frac{1}{318}))}$$

$$R_T = 41.21 K \Omega \quad \text{a } 45^\circ C$$

$$\text{USANDO } R_T = A e^{\frac{P}{T}}$$

Modelo Empírico de Steinhilber y Hart

$$R_T = e^{(A + B/T + C/T^3)}$$

$$\frac{1}{T} = a + b \ln R_T + c (\ln R_T)^3$$

Termistor de temp. positiva o termistor PTC y NTC TAREA.

Linealización de un NTC

$$R_{eq} = R_T \parallel R = \frac{R_T R}{R_T + R}$$

$$\frac{dR_{eq}}{dT} = R(R_T + R) + R_T R \frac{dR_T}{dT}$$

$$\frac{dR_{eq}}{dT} = \frac{R^2}{(R_T + R)^2} = \frac{R}{R_T + R} - \frac{R_T R}{(R_T + R)^2}$$

$$\frac{dR_{eq}}{dT} = \frac{dR_T R}{dt(R_T + R)} - R_T R \frac{d(R_T + R)}{dt} = R \frac{dR_T}{dt(R_T + R)} - \frac{R_T R}{(R_T + R)^2}$$

$$\frac{dR_{eq}}{dT} = \frac{R^2}{(R_T + R)^2} \cdot \frac{dT}{dT}$$

$$\frac{ab^{-1}}{\frac{da}{dt}} = \frac{db}{dt}$$

$$a = R_T R$$

$$b = R_T + R$$

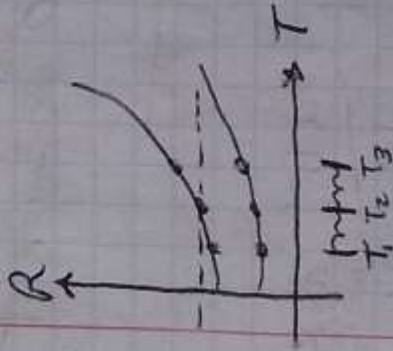
$$\frac{db}{dt}$$

$$R_T = R_0 e^{P(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$$

$$R_{eq} = R_T / R$$

$$R_{eq} = \frac{R_T R}{R_T + R}$$

$$\frac{dR_{eq}}{dT} = \frac{R^2}{(R_T + R)^2} \frac{dR_T}{dT}$$



$$R_{T_2} - R_{T_1} = R_{T_3} - R_{T_2}$$

$$\frac{R_{T_1} R}{R_{T_2} + R} - \frac{R_{T_1} R}{R_{T_1} + R} = \frac{R_{T_3} R}{R_{T_3} + R} - \frac{R_{T_2} R}{R_{T_2} + R}$$

$$R_{T_2} R - \frac{R_{T_1} R (R_{T_2} + R)}{R_{T_1} + R} = \frac{R_{T_3} R (R_{T_3} + R)}{R_{T_3} + R} - \frac{R_{T_2} R (R_{T_2} + R)}{R_{T_2} + R}$$

$$R = \frac{R_{T_2} (R_{T_1} + R_{T_3}) - 2 R_{T_1} R_{T_3}}{R_{T_1} + R_{T_3} - 2 R_{T_2}}$$

$$273 \text{ } ^\circ\text{K}$$

SE TIENE UN TERMISTOR CON $\beta = 4000 \text{ } ^\circ\text{K}$ Y UNA RESIST. DE REFERENCIA DE $25 \text{ K}\Omega$ A $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ CALCULAR UNA RESISTENCIA QUE PUEDA COLOCARSE EN EL COM EN EL TERMISTOR QUE PERMITA MEDIR EL RANGO DE $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ A $55 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$T_0 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R_0 = 25 \text{ K}\Omega$$

$$\beta = 4000 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$R_{T_1} = 25 \text{ K}\Omega \quad e^{\frac{4000 \text{ } ^\circ\text{K}}{25}} = 25 \text{ K}\Omega$$

$$R_{T_2} = 25 \text{ K}\Omega \quad e^{\frac{4000 \text{ } ^\circ\text{K}}{\left(\frac{1}{313} - \frac{1}{298}\right)}} = 13.1393 \text{ K}\Omega$$

$$R_{T_3} = 25 \text{ K}\Omega \quad e^{\frac{4000 \text{ } ^\circ\text{K}}{\left(\frac{1}{328} - \frac{1}{298}\right)}} = 7.3241 \text{ K}\Omega$$

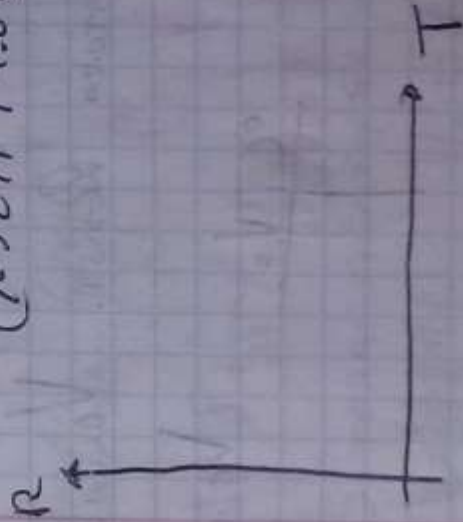
$$R = \frac{(13.1393)(25 + 7.3241) - 2(13.1393)(7.3241)}{25 + 7.3241 - 2(13.1393)}$$

$$R = \frac{58.51}{25 + 7.3241 - 2(13.1393)} = 9.67 \text{ K}\Omega$$

$$R_{eq1} = \frac{R_{T_1} R}{R_{T_1} + R} = \frac{(25 \text{ K}\Omega)(9.67 \text{ K}\Omega)}{25 \text{ K}\Omega + 9.67 \text{ K}\Omega} = 6.9728 \text{ K}\Omega$$

$$R_{eq2} = \frac{(13.1393)(9.67)}{13.1393 + 9.67} = 5.57 \text{ K}\Omega$$

$$R_{eq3} = \frac{(7.3241)(9.67)}{(7.3241 + 9.67)} = 4.1675$$



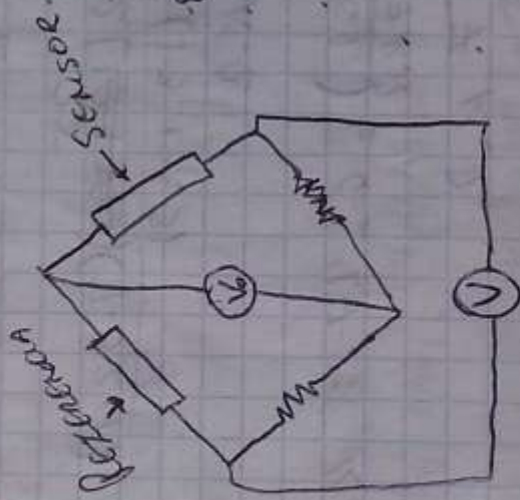
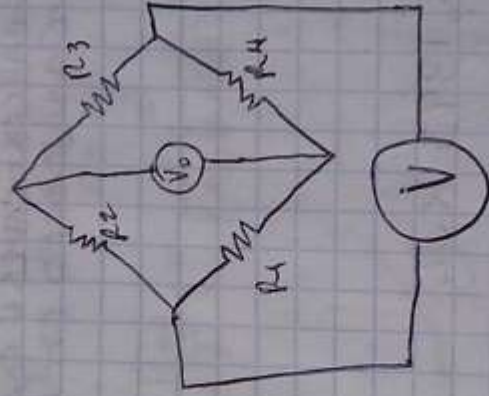
Puente De Wheatstone

$$V_0 = V \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} - \frac{R_4}{R_1 + R_4} \right)$$

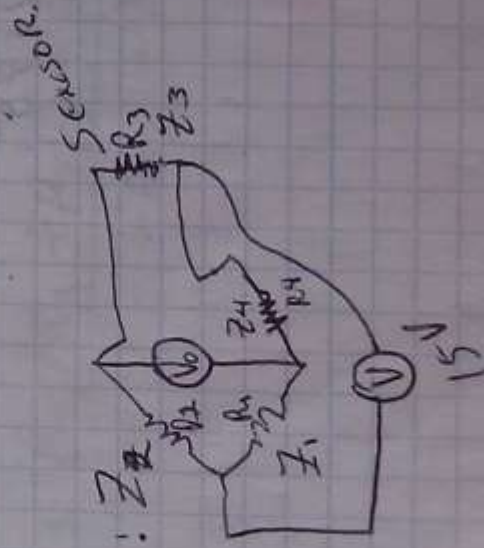
Si todas son de 2.7 KΩ excepto R2
 R2 = 2.2 KΩ si la fuente es de 15V.

$$V_0 = 15V \left(\frac{2.7}{2.2 + 2.7} - \frac{2.7}{2.7 + 2.7} \right)$$

$$V_0 = 0.765V$$



LAS DOS TIENEN
 EL MISMO COMPORTAMIENTO.



TEMPERATURA RESIST. VOLTAGE

$$\frac{V_0}{^{\circ}C}$$

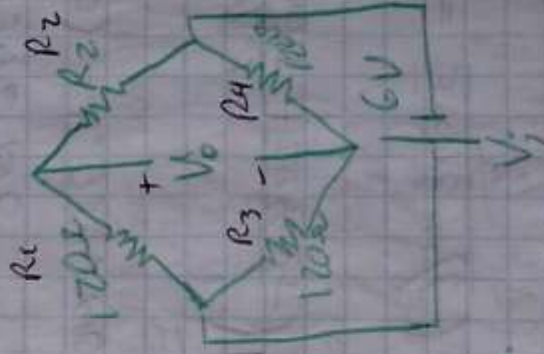
$$\begin{aligned}
 R_1 &= 8.2 \text{ k}\Omega \\
 R_2 &= 9.7 \text{ k}\Omega \\
 R_3 &= 4.3 \text{ k}\Omega \\
 R_4 &= 3.7 \text{ k}\Omega \\
 V_0 &= 16 \text{ V}
 \end{aligned}$$

$$V_0 = 16 \text{ V} \left(\frac{4.3 \text{ k}\Omega}{9.7 \text{ k}\Omega + 4.3 \text{ k}\Omega} - \frac{3.7 \text{ k}\Omega}{8.2 \text{ k}\Omega + 3.7 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$V_0 = -0.06 \text{ V} = -60.5 \text{ mV}$$

SENSORES RESISTIVOS.

PROBLEMA 1.



$$R_T = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$R_T = 120 \left(1 + 0.0039 \frac{1}{K} (20K) \right)$$

$$R_T = 129.36 \Omega$$

$$V_0 = 6 \text{ V} \left(\frac{120 \Omega}{120 + 129.36} - \frac{120 \Omega}{120 + 120 \Omega} \right)$$

$$V_0 = 0.112 \text{ mV} = \frac{112 \mu\text{V}}{1000}$$

TENSION = AU-ALERTA
COMISION = DIS-ALMORA

1000 OC.

$$\alpha = 0.0039 \frac{1}{K}$$

PROBLEMA 2.

$$G = 2.1$$

$$120 \Omega$$

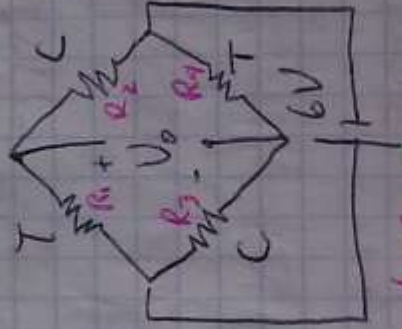
TENSION } \$1 \times 10^{-5}\$
COMISION }

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

SI TODAS TIENEN EL MISMO VALOR.

$$V_0 = V_i \frac{1}{7}$$

$$V_0 = (10 \text{ V}) \frac{1}{7} = 1.43 \text{ V}$$



$$V_0 = V_i \left(\frac{R_1 + X}{(R_1 + X)(R_2 - X)} - \frac{R_3 - X}{(R_3 - X)(R_4 + X)} \right)$$

$$V_0 = V_i \left(\frac{R_1 + X}{R_1 + R_2} - \frac{R_3 - X}{R_3 + R_4} \right)$$

$$\text{SI TODAS TIENEN EL MISMO VALOR. } X = 35 = (2.1 \times 10^{-5}) = 2.1 \times 10^{-5}$$

$$V_0 = V_i \frac{1}{7} = 1.43 \text{ V}$$

$$V_0 = (10 \text{ V}) \frac{1}{7} = 1.43 \text{ V}$$

PROBLEMA 3.

$$\chi = 9E \quad \sigma = E \epsilon_0 \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{190 \times 10^9 \text{ Pa}}{2 \times 10^4 \text{ Pa}} = 9.5 \times 10^6 \text{ Pa}$$

$$\sigma = 9.8 \times 10^6 \text{ Pa.} \quad E = 210 \text{ GPa.}$$

$$E = \frac{9.8 \times 10^6 \text{ Pa}}{210 \times 10^9 \text{ Pa}} = 4.66 \times 10^{-5}$$

SEXTONIDAD = 9.

$$\chi = (2)(4.66 \times 10^{-5}) = 9.3396 \times 10^{-5}$$

$$V_0 = \chi V_0 = (9.3396 \times 10^{-5})(10) = 9.3396 \times 10^{-4} \text{ V}$$

10M EL 0.3%

$$V_0 = \left(\frac{250.75}{250.75 + 249.25} - \frac{249.25}{250.75 + 249.25} \right) 10 = 0.015 \text{ V.}$$

$$\chi = 9E = 9 \frac{\sigma}{E} \Rightarrow \sigma = \frac{3 \times 10^{-3} (E)}{9} \quad E = 210 \text{ GPa}$$

$$\sigma = 315 \text{ MPa.}$$

273.

PROBLEMA (4)

$$P = \delta \Delta T$$

$$I^2 R_T = \delta \Delta T$$

$$R_T = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$$R_{25} = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T_{25}} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$$R_{90} = R_0 e^{\beta \left(\frac{1}{T_{90}} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

$$\frac{R_{25}}{R_{90}} = e^{\beta \left(\frac{1}{T_{25}} - \frac{1}{T_{90}} \right)}$$

$$\ln \left(\frac{R_{25}}{R_{90}} \right) = \beta \left(\frac{1}{T_{25}} - \frac{1}{T_{90}} \right)$$

$$\beta = \frac{\ln \left(\frac{R_{25}}{R_{90}} \right)}{\left(\frac{1}{T_{25}} - \frac{1}{T_{90}} \right)} = \frac{\ln \left(\frac{12 \text{ k}\Omega}{1.3 \text{ k}\Omega} \right)}{\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{363} \right)} = \frac{2.9447 \cdot 86 \text{ }^\circ\text{K}}{3698 \text{ }^\circ\text{K}}$$

$$R_{00C} = R_{25} e^{3698 \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_{25}} \right)} = 12 \text{ k}\Omega e^{3698 \left(\frac{1}{273} - \frac{1}{298} \right)}$$

$$R_{00C} = 37,386.07 \text{ }\Omega, \approx 37.37 \text{ k}\Omega$$

$$I = \sqrt{\frac{\delta \Delta T}{R_{00C}}} \quad \Delta T = 0.5^\circ\text{C} \quad \delta = 18 \text{ mW/K}$$

$$I = \sqrt{\frac{(18 \text{ mW/K})(0.5^\circ\text{C})}{37.37 \text{ k}\Omega}} = \text{~~2.9447 \cdot 86 \text{ }^\circ\text{K}~~ = \text{~~2.9447 \cdot 86 \text{ }^\circ\text{K}~~}$$

$$I = \text{~~2.9447 \cdot 86 \text{ }^\circ\text{K}~~} = 4.9 \times 10^{-4} \text{ A.}$$

PROBLEMA 5

$$R_T = R_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\Delta R = R_T - R_0 = R_0 \alpha \Delta T$$

PROBLEMA 8



$$R_T = R_0 e^{\alpha \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} = A e^{\frac{B}{T}}$$

$$R_{25^\circ\text{C}} = 5000 \Omega \quad T_5 = 298$$

$$R_{100^\circ\text{C}} = 1444 \Omega \quad T_0 = 333$$

$$B = \frac{\ln \left(\frac{R_{25}}{R_{100}} \right)}{\left(\frac{1}{T_5} - \frac{1}{T_0} \right)} = \frac{\ln \left(\frac{5000}{1444} \right)}{\left(\frac{1}{298} - \frac{1}{333} \right)} = 3521.9 \text{ K}$$

$$A_{15} = \frac{R_{T=15}}{e^{\frac{B}{T_{15}}}} = \frac{5000}{\frac{3521.9}{298}} = 36 \times 10^{-3} \Omega$$

$$A_{100} = \frac{1444}{\frac{3521.9}{333}} e = 36 \times 10^{-3} \Omega$$

$$b) V_s = V_{in} \left(\frac{R_4}{R_4 + R_T} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right)$$

$$\frac{dV_s}{dT} = V_{in} \left[-\frac{R_4}{(R_4 + R_T)^2} \frac{dR_T}{dT} - \frac{R_2}{(R_2 + R_3)^2} \frac{dR_T}{dT} \right] \quad \frac{dR_T}{dT} = -\frac{B}{T^2} R_T$$

$$\frac{dV_s}{dT} = V_{in} R_4 B \frac{R_T}{T^2 (R_4 + R_T)^2} \left[\frac{R_4}{R_4 + R_T} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right]$$

$$\frac{d^2 V_s}{dT^2} = V_{in} R_4 B \left[\frac{d}{dT} \left(\frac{R_T}{T^2 (R_4 + R_T)^2} \right) - \frac{R_T}{T^2} \frac{d}{dT} \left(\frac{R_4}{R_4 + R_T} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right) \right]$$

$$R_4 = R_T \cdot \frac{B - 2T}{B + 2T}$$

R_{T25}

KINEMASZARLO

$$R_4 = R_{T25} \left(\frac{B - 1(T_{25}^{\circ}K)}{B + 1(T_{25}^{\circ}K)} \right) = 5000 \left(\frac{3521 - 1(298)}{3521 + 1(298)} \right)$$

$$R_4 = 3552.34 \Omega \rightarrow \text{BUSCAR VALOR COMERCIAL}$$

$$0 = V_{in} \left(\frac{R_4}{R_4 + R_{oc}} - \frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$

$$\frac{R_4}{R_4 + R_{oc}} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \Rightarrow R_4 - \frac{R_2}{R_2 + R_1} (R_4 + R_{oc})$$

$$R_4 \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) + \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) R_{oc} = R_4$$

$$R_{oc} = R_4 - R_4 \left(\frac{R_2}{R_2 + R_1} \right) = \frac{R_2}{R_2 + R_1}$$

$$R_4 = 3552.34 \Omega$$

$$R_1 = 5000 \Omega$$

$$R_2 = 1444 \Omega$$

NO

$$R_{oc} = 3552.34 - 3552.34 \left(\frac{1444}{1444 + 5000} \right) = \frac{1444}{1444 + 5000}$$

$$R_{oc} = 12.3 K$$

$$R_{oc} = A e^{\frac{B}{T}} = (36 \times 10^{-3} \Omega) e^{\frac{3521.4}{T}} = 14395.41$$

$$\frac{R_2}{R_2 + R_1} = \frac{R_4}{R_4 + R_{oc}} \Rightarrow a$$

$$R_2 = a R_2 + a R_1$$

$$R_1 = (1 - a) R_2$$

$$R_1 = \frac{(1 - a) R_2}{0.1979} = 4.05 R_2 = 0.1979$$

~~EXERCICIO~~

$$\frac{dV_s}{dT} = V_{in} R_4 B \left(\frac{R_{T_{25}}}{T^2 (R_4 + R_{T_{25}})^2} \right)$$

$$T = 298 \text{ K}$$

$$V_s = V_{in} \left(\frac{R_4}{R_4 + R_{50^\circ\text{C}}} - \frac{R_2}{R_2 + R_1} \right)$$

$$V_s = 5 \text{ V} \left(\frac{3552.34}{3552.34 + 1952.16} - 0.1979 \right) R_{50^\circ\text{C}} = 1952.16 \Omega$$

$$V_s = 2.23 \text{ V} = V_s (50^\circ\text{C})$$

$$\text{SENSIBILIDAD} = \frac{dV_s}{dT} = V_{in} R_4 B \cdot \frac{R_{T_{50^\circ\text{C}}}}{T^2 (R_4 + R_{T_{50^\circ\text{C}}})^2}$$

$$\text{SENSIBILIDAD} = 5 \text{ V} \cdot (3552.34) (3521.4) \left(\frac{1952.16 \Omega}{(3237 - (3552.34 + 1952.16))^2} \right) = 0.0486 \text{ V}/^\circ\text{K}$$

$$\frac{50}{100} = \frac{46.4833}{X}$$

$$X = \frac{(46.4833)(100)}{50} = 7.03\%$$

$$R_{50^\circ\text{C}} = A e^{\frac{B}{50+273}}$$

$$R_{50^\circ\text{C}} = 36 \text{ K} \Omega \cdot 3 \left(e^{\frac{3521}{323}} \right)$$

$$R_{50^\circ\text{C}} = 1952.16 \Omega$$

$$R_4 = 3552.34 \Omega$$

$$B = 3521.4 \text{ K}$$

EJEM

SE REQUIERE UN SENSOR CON UN TERMISTOR NTC PARA MEDIR LA TEMPERATURA EN UNA CÁMARA REFRIGERADA CON UNA EXACTITUD DE 0.5°C Y UN RANGO DE MEDICIÓN DE -25°C A 10°C .

PARA ESTAS TEMPERATURAS EL CTO REQUIERE QUE LA RESISTENCIA VARIE ENTRE $2\text{K}\Omega$ Y $30\text{K}\Omega$

1. SELECCIONAR EL TERMISTOR DE ACUERDO A NUESTRA NECESIDAD

2. CALCULAR LA TOLERANCIA

$$\Delta T = 0.5^{\circ}\text{C}$$

TCR = Coeficiente de temperatura

$$\frac{\Delta R_{25}}{R_{25}} = \alpha \cdot \Delta T = 5.92 \times 0.5 = 2.71\% - \Delta R/R(\%)_{25}$$

$$\frac{\Delta R_{10}}{R_{10}} = \alpha \cdot \Delta T = 4.26 \times 0.5 = 2.13\% - \Delta R/R(\%)_{10}$$

$$\frac{\Delta R_{-25}}{R_{-25}} = 2.71 - 1.19 = 1.52\%$$

$$\frac{\Delta R_{10}}{R_{10}} = 2.13 - 0.31 = 1.82\%$$

BUSCAR FABRICANTE [CURVE COMPUTATION LIST]

ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES.

- PROTECCIÓN (AISLAMIENTO)
- TIPO DE SEÑAL ADECUADA (VOLTAJE, COHERENTE)
- FILTRADO
- MANIPULACIÓN DE LA SEÑAL (AMPLIFICACIÓN, REDUCCIÓN, INVERSIÓN, ETC).

AMPLIFICADORES OPERACIONALES

- Amp. Inversor.
- " NO INVERSOR.
- COMPARADOR
- SEGUIDOR
- SUMADOR
- INTEGRADOR
- DERIVADOR
- DETECTOR DE CRUCE POR CERO
- DIFERENCIAL.

AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN

- CON DOS O TRES OPAMP'S ALTO CMRR



ALTA IMPEDANCIA DE ENTRADA.

BAJA IMPEDANCIA DE SALIDA.

- C.I. Monolítico A.I. (AMPLIF. DE INSTRUM.)

(SENSORES RESISTIVOS)

PROYECTO

SENSOR \Rightarrow ACONDICIONAMIENTO \Rightarrow PROCESAMIENTO

ACONDICIONAMIENTO
 \downarrow
ACTUADOR

CIE. DIELECTRICA DEL VACIO

$$\epsilon_0 = 8.85 \text{ pF/m}$$

MATERIALES FERROMAGNETICOS

$$E = \frac{IK}{T - T_c}$$

K = CIE DEL MATERIAL

T = TEMPERATURA ACTUAL

T_c = TEMPERATURA DE CURVE

EFECTOS DE LOS BORDES

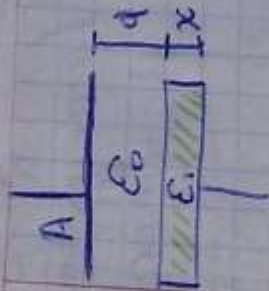


$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} = \epsilon \frac{A}{d + \Delta d} = \epsilon \frac{A}{d} \frac{d}{d + \Delta d}$$

$$\frac{dC}{dA} \Rightarrow \text{SENSIBILIDAD} = \frac{\epsilon \epsilon_0}{d} \quad C \quad \text{LINEAL}$$

$$\frac{dC}{d\epsilon} = \frac{A}{d} \quad C \quad \text{LINEAL}$$

$$C = \epsilon \frac{A}{x} \quad \frac{dC}{dx} = - \frac{\epsilon A}{x^2} \quad C \quad \text{NO LINEAL}$$



$$\epsilon_i = \epsilon_0 \epsilon_r$$

$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

$$C_1 = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{x}$$

$$C_T = \frac{1}{\frac{1}{C_0} + \frac{1}{C_1}} = \frac{C_0 C_1}{C_0 + C_1} = \frac{\left(\epsilon_0 \frac{A}{d}\right) \left(\epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{x}\right)}{\epsilon_0 \frac{A}{d} + \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{x}} = \frac{A \epsilon_0 \epsilon_r}{x + d \epsilon_r}$$

SENSOR CAPACITIVO VS RESISTIVO

DESPLAZAMIENTO

- SIN DESGASTE (O REDUCIDO)
- FUERZA APLICADA MENOR
- MENOR INERCIA DEL DESPLAZAMIENTO
- POTENCIA DISIPADA

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

$$Z = \frac{1}{j\omega C} = \frac{d}{j\omega \epsilon_0 A}$$

$$\text{freq} \quad \text{V}_{rms}$$

$$\frac{dZ}{dd} \Rightarrow L \times \epsilon_0 A$$





$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = \frac{\epsilon_0 A = \epsilon_0 \pi r^2}{4d}$$

$$\text{Quando } \theta = -\frac{\pi}{2}$$



$$C_2 = C_3 = 0$$

$$C_1 = C_4 = \frac{\epsilon_0 \cdot \pi r^2}{2}$$

$$\text{Quando } \theta = \frac{\pi}{2}$$

$$C_1, C_4 = 0$$

$$C_2 = C_3 = \frac{\epsilon_0 \pi r^2}{2d}$$

$$\left. \begin{aligned} C_1 = C_4 &= \frac{\epsilon_0 \cdot \pi r^2}{4} \left(1 + \frac{2\theta}{\pi}\right) \\ C_2 = C_3 &= \frac{\epsilon_0 \cdot \pi r^2}{4} \left(1 - \frac{2\theta}{\pi}\right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

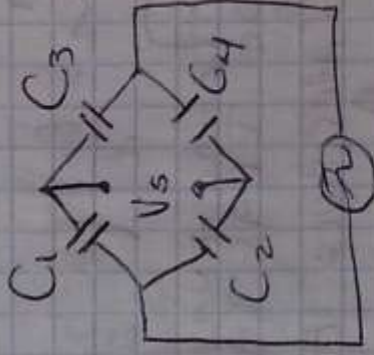
$$V_s = V \left(\frac{C_3}{C_1 + C_3} - \frac{C_4}{C_2 + C_4} \right)$$

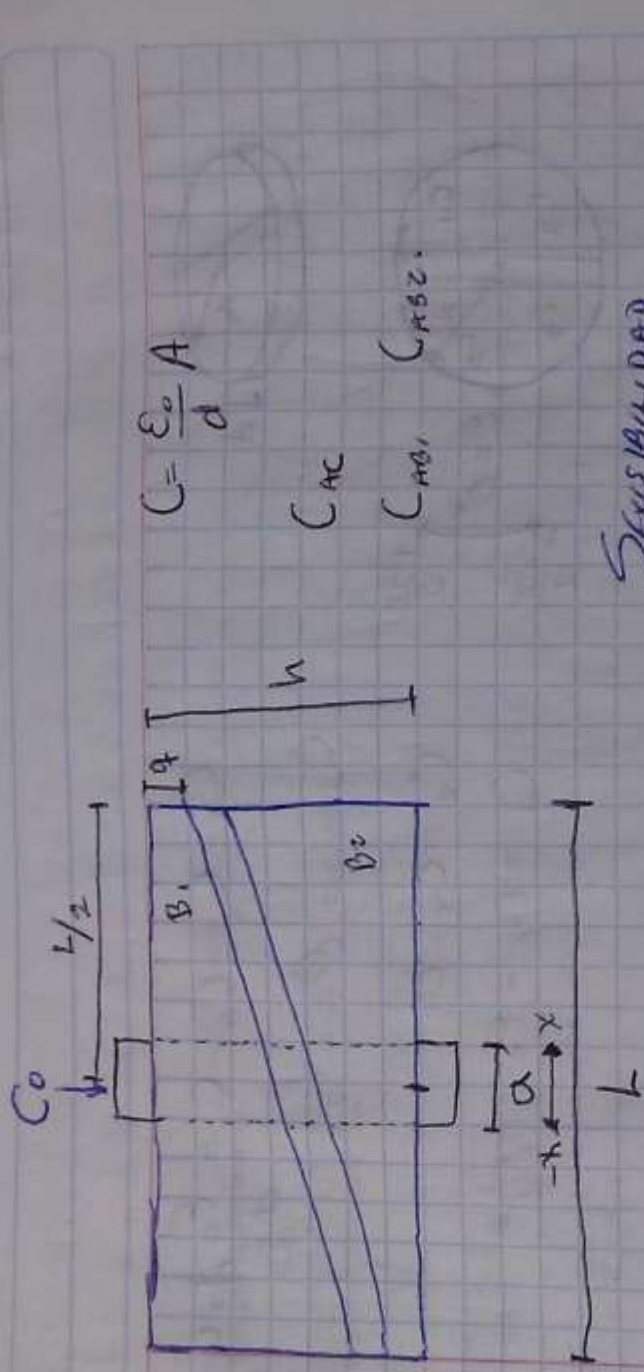
$$V_s = V \left(\frac{\frac{\epsilon_0 \cdot \pi r^2}{4} \left(1 - \frac{2\theta}{\pi}\right)}{\frac{\epsilon_0 \cdot \pi r^2}{4} \left(1 + \frac{2\theta}{\pi}\right) + \frac{\epsilon_0 \cdot \pi r^2}{4} \left(1 - \frac{2\theta}{\pi}\right)} \right)$$

FACIL

$$\frac{\epsilon_0 \cdot \pi r^2}{4} \left(1 + \frac{2\theta}{\pi}\right) + \left(1 - \frac{2\theta}{\pi}\right) \cdot 2 = \left(\frac{1 + \frac{2\theta}{\pi}}{2}\right) \cdot 2$$

$$V_s = V \frac{2\theta}{\pi}$$





$$C = \frac{\epsilon_0}{d} A$$

C_{AC} C_{AB2}

SENSIBILIDAD

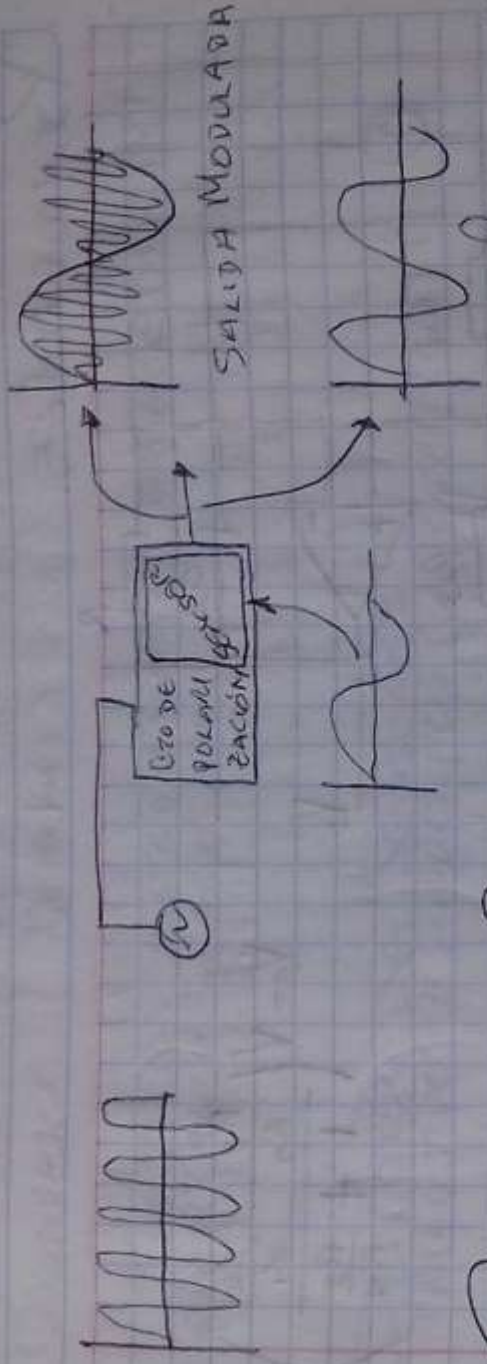
$$S = \frac{\Delta C}{\Delta x} = \frac{C_{max} - C_0}{x}$$

$$C_1 = \frac{\epsilon_0}{d} \left(a \frac{h}{2} - a x \frac{h-2l}{L} \right)$$

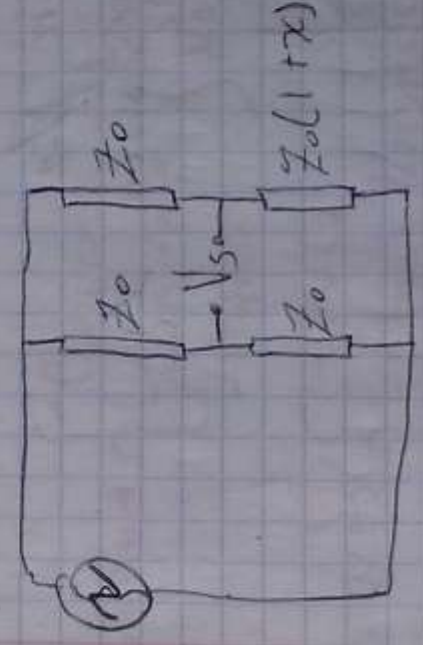
$$C_2 = \frac{\epsilon_0}{d} \left(a \frac{h}{2} + a x \frac{h-2l}{L} \right)$$

CONDICIONAMIENTO DE SENSORES DE REACTANCIA VARIABLE (CAPACITIVOS E INDUCTIVOS)

- AUMENTACIÓN CON CORRIENTE ALTERNA.
- MEDICIÓN DE LA VARIACIÓN DE LA AMPLITUD
- TENSIÓN DE SALIDA PROPORCIONAL A LA VARIABLE MEDIDA.
- MINIMIZAR LOS EFECTOS DE CAMPOS MAGNÉTICOS Y CAPACITANCIAS PARÁSITAS.
- LA MAYORÍA DE LOS SENSORES COMERCIALES YA SE ENCUENTRAN ACONDICIONADOS.



PUNTES DE ALTERNA.



$$V_s = V \left(\frac{X}{2(Z_0 + X)} \right)$$



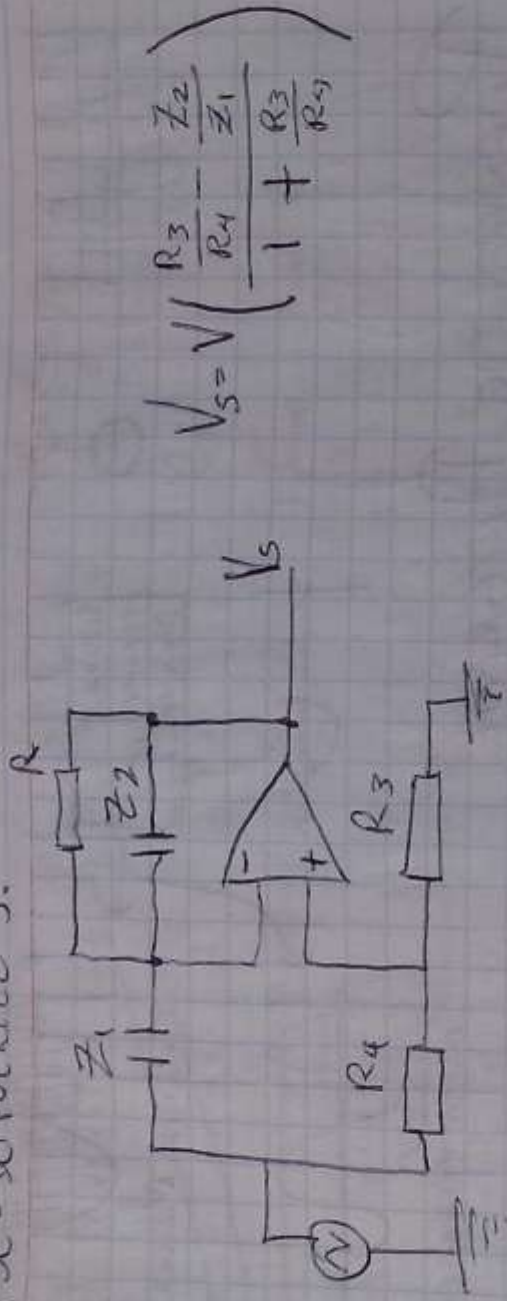
$$V_s = V \frac{X}{2}$$



$$V_s = V \frac{X}{2}$$

Ver
PUENTE DE BLUMLEIN.

PUENTE DE WHEATSTONE.

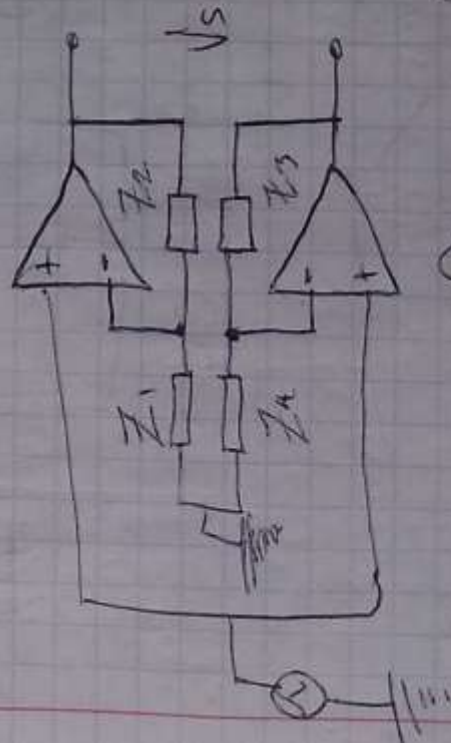


$$V_s = V \left(\frac{\frac{R_3}{R_4} - \frac{Z_2}{Z_1}}{1 + \frac{R_3}{R_4}} \right)$$

CAMBIO EN d \Rightarrow SENSOR Z_2

CAMBIO EN E \Rightarrow SENSOR Z_1

$$R \approx 100 Z_2$$



Z_1 y $Z_4 \Rightarrow$ CAPACITOR DIFERENCIAL CON E O A VARIABLE.

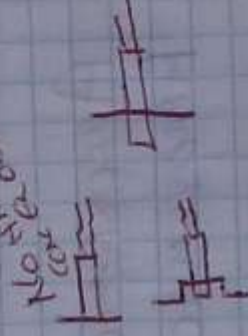
BLINDAJES Y GUARDIAS

PROTECCIÓN CONTRA CAMPOS MAGNÉTICOS Y CAPACITANCIAS PARASITARIAS

SELECCIÓN DE SENSORES CAPACITIVOS E INDUCTIVOS (MAGNÉTICOS)

Q. - SELECCIONAR EL TIPO DE SENSOR
I. - SELECCIÓN DEL CUERPO

Forma {
- Circular } Erasable
- Cuadrado } No Erasable
- Plano }



Cables {
- PVC }
- Otros Plásticos } Material {
- Plásticos }
- Lexigrid } FDA AP
- Metálicos }

2. - DISTANCIA OPERATIVA

- Dist. Op. Nominal S_n
No considera Factores Externos = V, T.

- Dist. Op. Actual S_r
Medido a Temp. Ambiente (25°) y Tensión Nominal

$$0.95 S_n < S_r < 1.1 S_n$$

- Dist. Op. Utilizable S_u

Medido entre -25°C y 70°C, Aumentado entre 80% y 110% de la tensión nominal
 $0.9 S_r \leq S_u \leq 1.1 S_r$

-Dist. Op. Asegurada S_a
 $0 \leq S_a \leq 0.81 S_n$

PRECIACIÓN DE REPETICIÓN:

Variación de S_r en 8 hrs. de trabajo continuo a $25^\circ C$

$$R \leq 0.1 S_r$$

Histeresis

$$H \leq 0.2 S_r$$

Desactivación Segura $3 S_n$

Aproximación Lateral

Aproximación Axial



CARA DE DETECCIÓN

INFLUENCIA MUTUA

= NO EXRASABLE $3 \times D_{\text{discontinua}}$



$$\frac{\text{EXRASABLE}}{\text{LIDAR}} \uparrow \text{Sensor}$$

ACORDAMIENTO

3. Características Eléctricas y Conexiones

- C.A. - Comutación Positiva
- C.C. - Comutación Negativa
- 2 Hues - Tipo de Colector
↳ Colectores Especiales
- 3 Hues
- N.A.
- N.C.

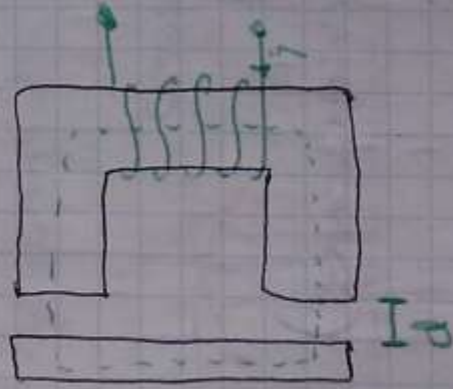
4. Características Especiales

- Retardo
- Protección contra corto circuito
- Tipos de protección / sacados
- Resistencia al impacto (vibraciones)
- Frecuencia de comutación.

Sensores Inductivos

- Masos Afectados por Humedad y Polvo
- Basados en los principios de los CIOS Magnéticos
- Pueden ser de dos tipos:
- **ACTIVO GENERADORES:** PRINCIPIO DEL GENERADOR ⇒ UN MOVIMIENTO RELATIVO ENTRE UN CONDUCTOR Y UN CAMPO MAGNÉTICO INDUCE UN VOLTAJE
- **PASIVOS:** REQUEREN UNA FUENTE ~~ALIMENTADA~~ EXTERNA DE VOLTAJE, SE LIMITAN A LA MODULACIÓN DE LA SEÑAL.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



$$F_{mm} = \text{FLUJO} \times \text{REACTANCIA} = \Phi \times R$$

[A. vueltas]

$$\Phi = n i / R$$

$$\Psi = n^2 i / R \Rightarrow \text{PARA UNA BOBINA DE } n \text{ vueltas}$$

ACTIVIDAD CLASICA $L = \Psi / i = n^2 / R$
L SÓLO DEPENDE DE LA GEOMETRÍA DEL SENSOR

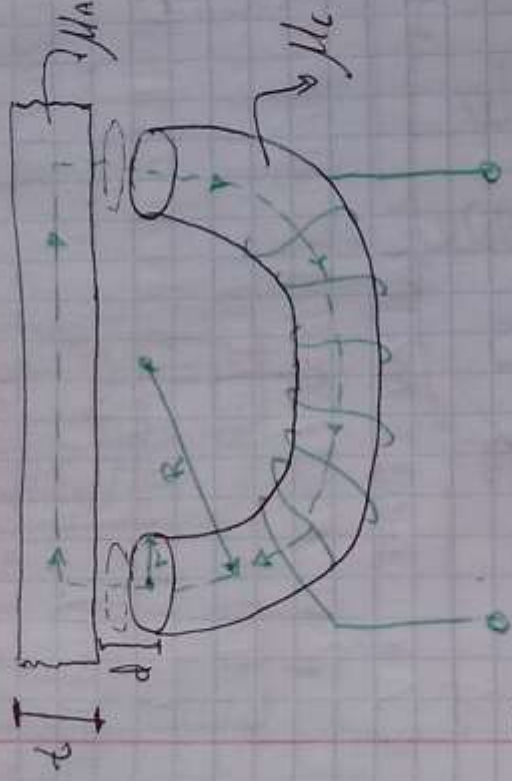
$$R = \frac{l}{\mu_0 \mu A}$$

l = LONGITUD DEL FLUJO
 μ_0 = PERMEABILIDAD DEL VACIO
 μ = PERMEABILIDAD RELATIVA
 A = SECCIÓN TRANSVERSAL

Si $d=0$ $R = l / \mu_0 \mu A$

Si $d>0$ $R_T = R_N + R_A$

SENON DE RESISTENCIA VARIABLE



$$R = \frac{1}{\mu} \mu_0 A$$

$$R_T = R_c + R_n + R_s$$

$$R_T = \frac{\pi R}{\mu_c \mu_0 r^2} + \frac{2R}{\mu_a \mu_0 r^2} + \frac{2d}{\mu_0 \pi r^2}$$

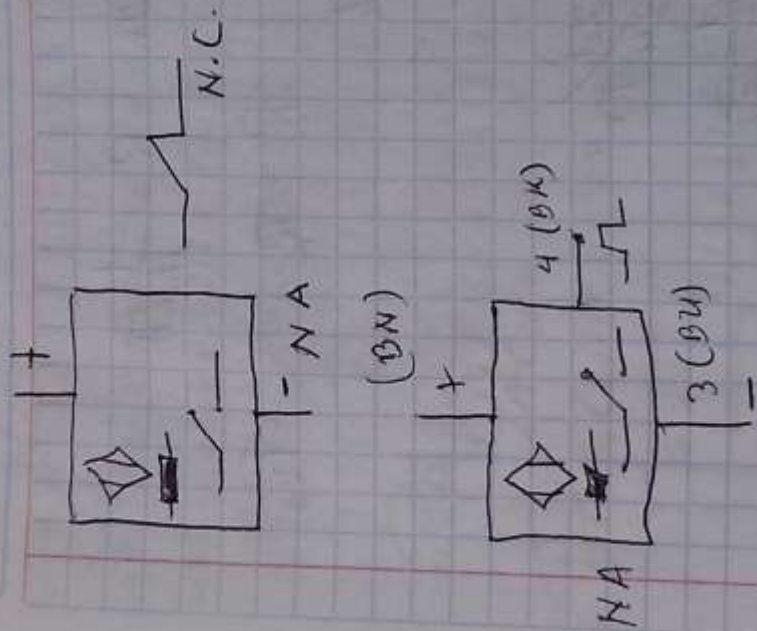
$$R_T = \frac{R}{\mu_c \mu_0 r^2} + \frac{R}{\mu_a \mu_0 r^2} + \frac{2d}{\mu_0 \pi r^2}$$

$$R_T = R_0 + k d \quad \therefore R_0 = \frac{R}{\mu_c \mu_0 r^2} + \frac{R}{\mu_a \mu_0 r^2} \quad k = \frac{2}{\mu_0 \pi r^2} \quad d = d$$

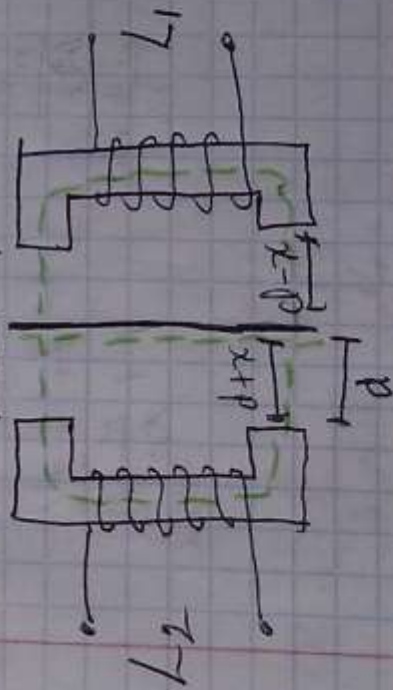
$$L = \frac{n^2}{R} = \frac{n^2}{R_0 + k d} = \frac{n^2}{\frac{R_0}{1 + \frac{k}{R_0} d}} \Rightarrow d$$

$$L = L_0 / (1 + \alpha d)$$

SENSORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS



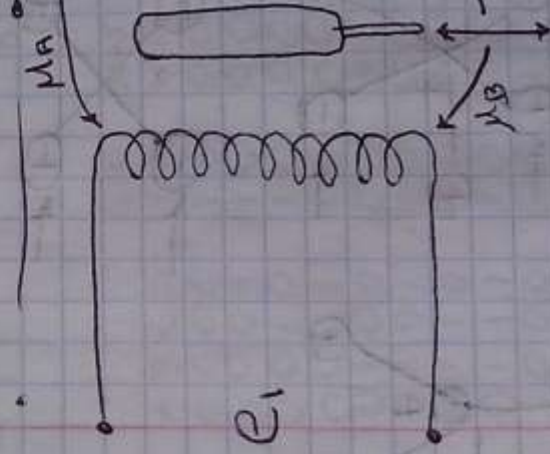
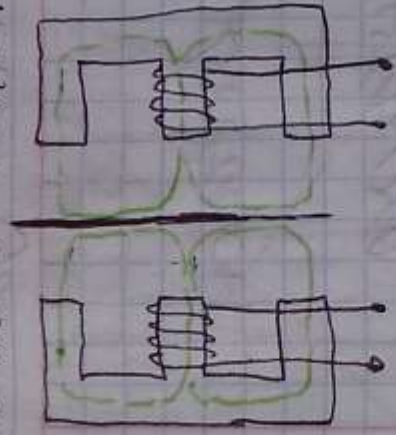
SENSOR DIFERENCIAL DE FRECUENCIA VARIABLE



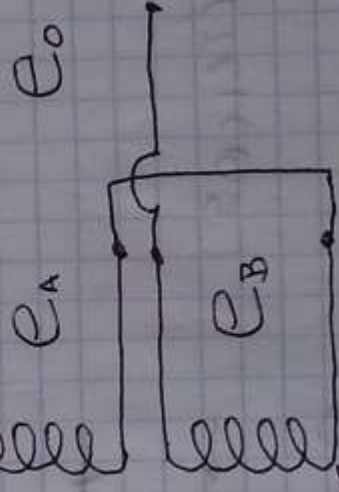
$$L_1 = \frac{\mu_0 \mu_r}{[1 + \alpha(d-x)]}$$

$$L_2 = \frac{\mu_0 \mu_r}{[1 + \alpha(d+x)]}$$

Mismo principio



LVDT



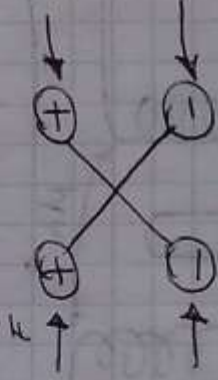
SENSORES PIEZOELECTRICOS (GENERADORES)

Efecto Piezoeléctrico

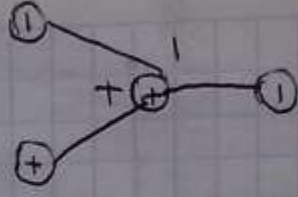
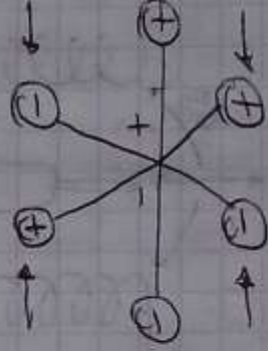
Movimiento (vibraciones) \Rightarrow Carga Eléctrica.

Elementos con estructura cristalina

\hookrightarrow Simétricos



\hookrightarrow Asimétricos

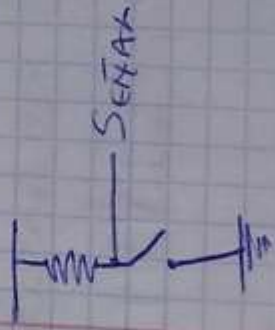


	E-O			N-S		
	V	R	D	V	R	D
A	1	1	1	1	1	1
B	1	1	1	1	1	1
C	1	1	1	1	1	1
D	1	1	1	1	1	1

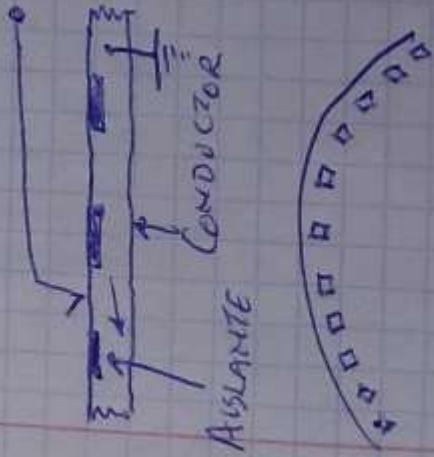
	A	B	C	D	E-O	N-S
V	0	0	0	0	1	0
R	0	0	0	0	1	0
D	0	0	0	0	1	0
V	0	0	0	0	0	1
R	0	0	0	0	0	1
D	0	0	0	0	0	1

SENSORES GENERADORES

- PIEZOELECTRICO
 - FOTOVOLTAICOS
 - POTENCIOMETRICOS ELECTROQUIMICOS
- ## SENSORES DIGITALES

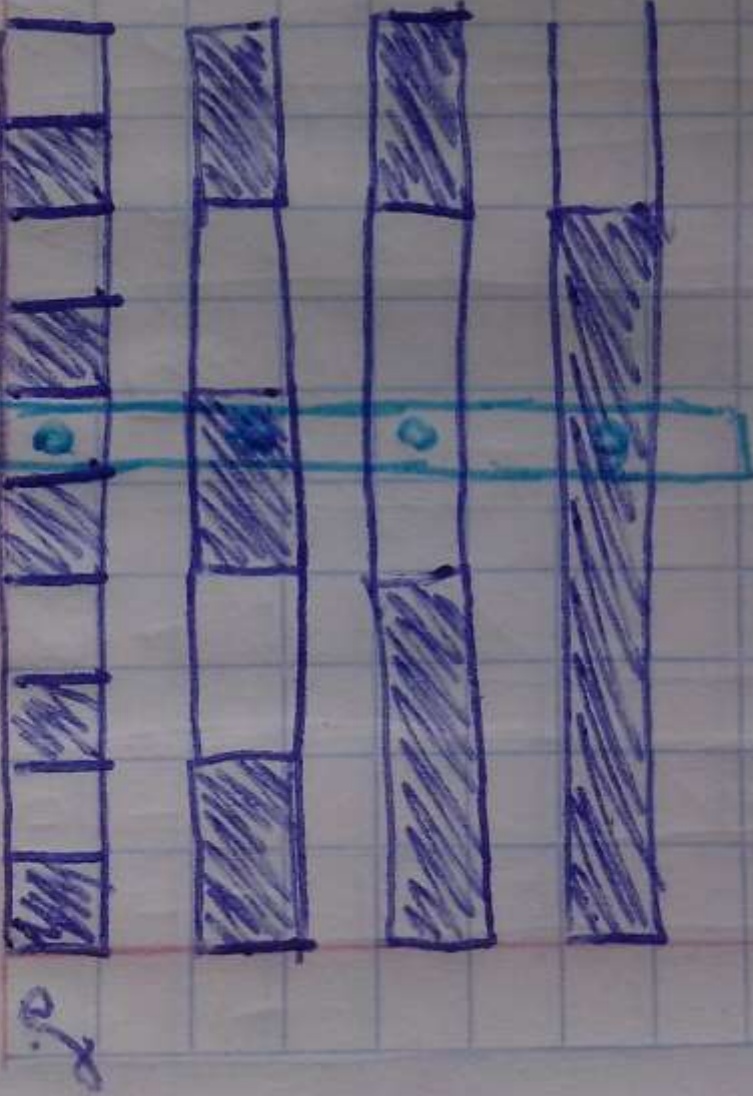


CODIFICADOR INCREMENTAL



Codificación Absoluta

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9



Cuadro 1.2 Sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes.

Sensores	Magnitudes								
	Posición Distancia Desplazamiento	Velocidad	Aceleración Vibración	Temperatura	Presión	Caudal Flujo	Nivel	Fuerza	Humedad
Resistivos	Potenciómetros Galgas Magnetorresistencias		Galgas + masa- resorte	RTD Termistores	Potenciómetros + tubo Bourdon	Anemómetros de hilo caliente Galgas + voladizo Termistores	Potenciómetro + flotador Termistores LDR	Galgas	Humistor
Capacitivos	Condensador diferencial				Condensador variable + diafragma		Condensador variable	Galgas capacitivas	Dielectrico variable
Inductivos y electromagnéticos	LVDT Corrientes Foucault Resolver Inductosyn Efecto Hall	Ley Faraday LVT Efecto Hall Corrientes Foucault	LVDT + masa-resorte		LVDT + diafragma Reluctancia variable + diafragma	LVDT + rotámetro Ley Faraday	LVDT + flotador Corrientes Foucault	Magneto-elástico LVDT + célula carga	
Generadores			Piezoeléctricos + masa-resorte	Termopares Piroeléctricos	Piezoeléctricos			Piezoeléctricos	
Digitales	Codificadores incrementales y absolutos	Codificadores incrementales		Osciladores de cuarzo	Codificador + tubo Bourdon	Vórtices			SAW
Uniones p-n	Fotoeléctricos			Diodo Transistor Convertidores T/I			Fotoeléctricos		
Ultrasonidos	Reflexión	Efecto Doppler				Efecto Doppler Tiempo tránsito Vórtices	Reflexión Absorción		

LA ONDA ACUSTICA RESISTIVA

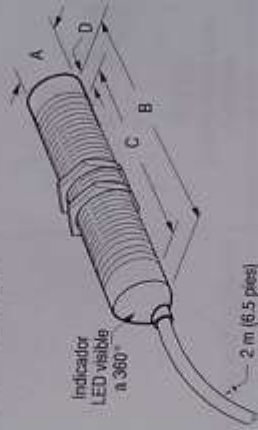
Sensores de proximidad inductivos

872C WorldProx™ de cuerpo corto, CC de 3 cables

Cara de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado

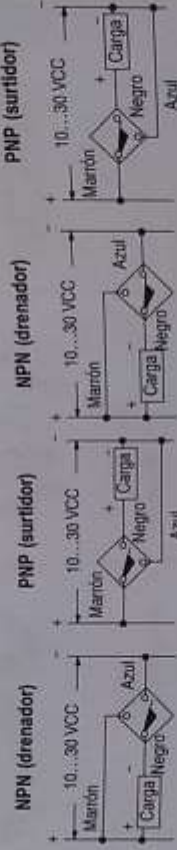
Dimensiones aproximadas [mm (pulg.)]
Tipo de cable

Diagramas de cableado



Normalmente cerrado

Normalmente abierto

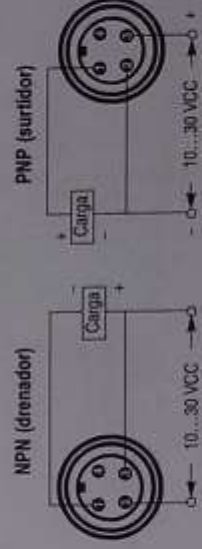


Tamaño de la rosca	Blindado	[mm (pulg.)]			
		A	B (máx.)	C (mín.)	D (máx.)
M8 X 1	Sí	8.0 (0.31)	26.7 (1.05)	24.1 (0.95)	4.1 (0.16)
	No	30.7 (1.21)			
M12 X 1	Sí	12.0 (0.47)	34.8 (1.37)	31.8 (1.25)	8.1 (0.32)
	No	42.9 (1.69)			
M18 X 1	Sí	18.0 (0.71)	34.8 (1.37)	31.8 (1.25)	12.2 (0.48)
	No	47.0 (1.85)			
M30 X 1.5	Sí	30.0 (1.18)	34.8 (1.37)	31.8 (1.25)	12.2 (0.48)
	No	47.0 (1.85)			

Tipo conector Mini







Normalmente abierto o cerrado



Tamaño de la rosca	Blindado	[mm (pulg.)]			
		A	B (máx.)	C (mín.)	D (máx.)
M18 X 1	Sí	18.0 (0.71)	47.5 (1.87)	24.2 (0.95)	12.2 (0.48)
	No	59.7 (2.35)			
M30 X 1.5	Sí	30.0 (1.18)	47.5 (1.87)	25.4 (1.04)	12.2 (0.48)
	No	59.7 (2.35)			

Sensores de proximidad inductivos

Guía de selección rápida

 <p>871TM Totalmente de acero inoxidable</p>	 <p>872C WorldProx de uso general</p>	 <p>871T Cuerpo de acero inoxidable</p>	 <p>871TS Alimentos y bebidas</p>
<p>Descripción</p> <ul style="list-style-type: none"> Tipo tubular • Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado de acero inoxidable 	<p>Tipo tubular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cara de plástico/cuerpo roscado de latón niquelado • Cara de plástico/cuerpo roscado de plástico 	<p>Tipo tubular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Detección de todos los metales • Cara de plástico/cuerpo roscado de acero inoxidable • Selección técnica: Cara de acero inoxidable/cuerpo roscado de acero inoxidable 	<p>Tipo tubular</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cara de plástico PPS/cuerpo de acero inoxidable 316L • Con clasificación para proyecciones de agua de alta presión (IP67, IP68 e IP69K)
<p>Especificaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cara y cuerpo de acero inoxidable • Junta totalmente mecánicas (modelos de detección de todos los metales) • Tipos de cables ToughLink™ o PVC • Tipos de conector Mini, Micro o Micro EAC • Protección contra cortocircuitos • Protección contra sobrecargas • Protección contra ruido de transiente • Protección contra falsa detección • Protección contra inversión de polaridad (modelos de CC) • Protección contra interferencia de radiofrecuencias 	<p>• Cuerpo roscado de latón niquelado o de plástico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Indicador LED visible a 360° • Tipos de cable o conector • Protección contra cortocircuitos (modelos de CC) • Protección contra sobrecargas • Protección contra ruido de transiente • Protección contra falsa detección • Protección contra inversión de polaridad 	<p>• Cuerpo roscado de acero inoxidable</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo de cable o conector • Protección contra cortocircuitos (modelos de CC) • Protección contra sobrecargas (modelos de CC) • Protección contra ruido de transiente • Protección contra falsa detección • Protección contra inversión de polaridad (modelos de CC) 	<p>• Cuerpo roscado de acero inoxidable 316L</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cara de plástico PPS (certificación FDA) • Flanco de detección normal y extendido • Protección contra cortocircuitos • Protección contra sobrecargas • Protección contra falsa detección • Protección contra inversión de polaridad
<p>Diámetro</p>	<p>• 12, 18, 30 mm</p>	<p>• 6, 5, 8, 12, 18, 30 mm</p>	<p>• 12, 18 mm</p>
<p>Modelos disponibles</p>	<ul style="list-style-type: none"> • CC de 3 cables 2-22 • CC de 3 cables, detección extendida 2-25 • Selectivo técnico de CC de 3 cables 2-28 • Selectivo no técnico de CC de 3 cables 2-31 • Sumergible de CC de 3 cables 2-33 • Infrasonido seguro de CC de 2 cables 2-36 • CA/CC de 2 cables 2-41 • Interfaz PLC de 2 cables CA/CC 2-44 • Sensores™ DeviceNet 10-12 	<ul style="list-style-type: none"> • CC de 3 cables 2-48 • Cuerpo corto de CC de 3 cables 2-52 • CC de 3 cables, detección extendida 2-56 • 3 cables de CC 2-60 • Cuerpo corto con detección extendida 2-64 • CC de 3 cables 2-67 • QuadroPlex de CC de 2 cables 2-70 • Salida complementaria de CC de 4 cables 2-72 • CA de 2 cables 2-74 • 2 cables de CA, detección extendida 2-77 • CA/CC de 2 cables 2-80 • Salida de relé de 2 cables, CA/CC 2-83 	<ul style="list-style-type: none"> • CC de 3 cables 2-86 • CA de 2 cables 2-88 • Selectivo técnico de CA de 2 o 4 cables 2-90
<p>Conexiones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cable PVC • Cable ToughLink™ • Conector Mini • Conector Micro 	<ul style="list-style-type: none"> • Cable (PVC) • Conector Mini • Conector Micro • Conector Prox 	<ul style="list-style-type: none"> • Conector Micro
<p>Envolvente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cara y cuerpo de acero inoxidable • NEMA 1, 2, 3, 3R, 4, 4X, 6, 6P, 12, 13, IP67 (IECS29) • Resistencia a proyecciones de agua de 1,200 psi (8,270 kPa) • IP69K (algunos modelos) 	<ul style="list-style-type: none"> • NEMA 1, 2, 3, 4, 6P, 12, 13 IP67 (IECS29) • Cuerpo de plástico o cuerpo roscado de latón niquelado, cara de plástico (PBT) 	<ul style="list-style-type: none"> • NEMA 1, 2, 3, 3R, 4, 4X, 12, 13 e IP67, IP68 e IP69K
<p>Información adicional</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Consulte la página 2-21 	<ul style="list-style-type: none"> • Consulte la página 2-47 	<ul style="list-style-type: none"> • Consulte la página 2-93

Práctica 2. Control de Semáforos.

Se solicita a tu equipo de trabajo, realizar la siguiente aplicación.

La figura 1, muestra el cruce de una calle principal con un camino de acceso secundario.

Se colocan sensores de detección de vehículos a lo largo de los carriles C y D (calle principal) y en los carriles A y B (camino de acceso). Las salidas del sensor son BAJAS (0) cuando no pasa ningún vehículo y ALTAS (1) cuando pasa algún vehículo.

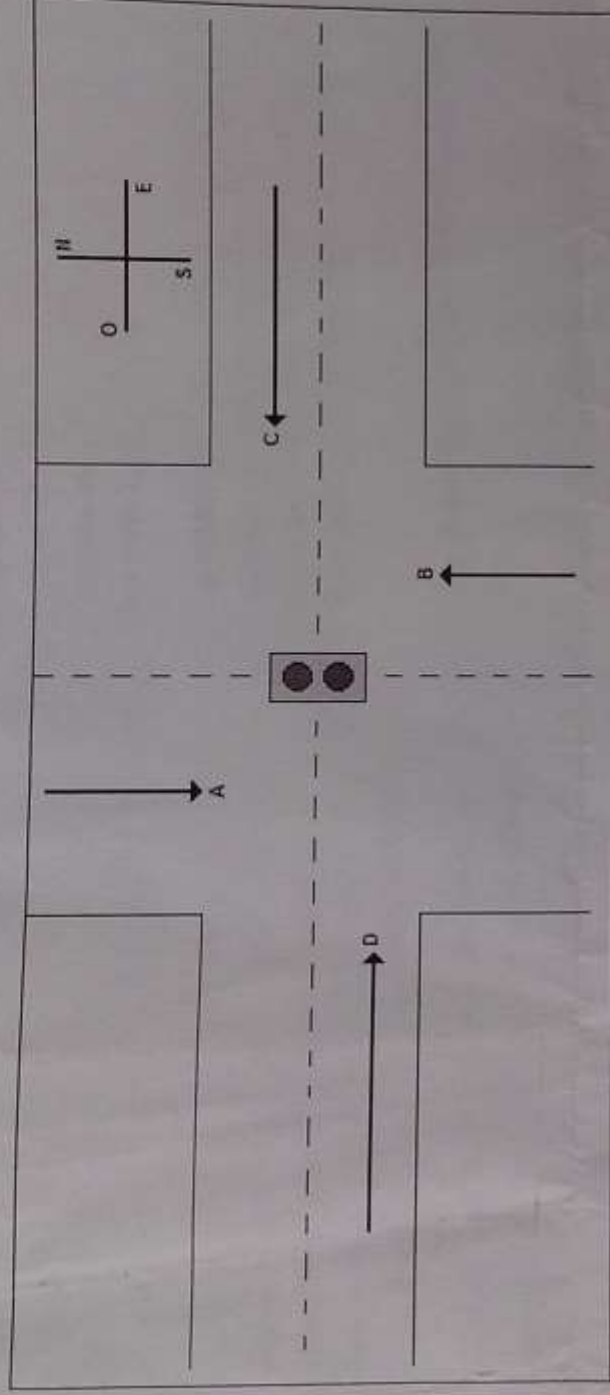


Fig. 1

El sistema de semáforo del cruce se controlará de acuerdo con la siguiente lógica:

1. El semáforo E-O estará en luz verde siempre que los carriles C y D están ocupados.
2. El semáforo E-O estará en luz verde siempre que los carriles C o D están ocupados, pero A y B no lo estén.
3. El semáforo N-S estará en luz verde siempre que los carriles A y B están ocupados pero C y D no lo están.
4. El semáforo N-S estará en luz verde siempre que los carriles A o B están ocupados pero C y D no lo están.
5. El semáforo E-O estará en luz verde cuando no haya vehículos transitando.

Utilizando las salidas de los sensores A, B, C y D como entradas, diseñe y programe un VI para controlar el sistema de semáforo. Debe haber dos salidas N-S y E-O, que pasen a ALTO cuando la luz correspondiente se pone en verde.

8 ACELERÓMETRO

8.1 El acelerómetro como sensor

Los acelerómetros se han vuelto muy populares en la industria del consumo electrónico. En realidad un acelerómetro es solamente un sensor que mide la aceleración, es decir que tan rápido algo aumenta de velocidad o frena. Como es de esperarse, la aceleración es medida en m/s^2 o en fuerzas G. Una fuerza G equivale a $9.8 m/s^2$ (más o menos dependiendo de la altitud y otras condiciones).

Los acelerómetros son usados tanto para medir aceleración estática (como la gravedad) y aceleración dinámica (cambios bruscos e inesperados). Una de las aplicaciones más comunes para los acelerómetros es medir inclinación. Debido a que son afectados por la fuerza de la gravedad, un acelerómetro puede indicarnos cuál es la orientación respecto a la superficie de la tierra. Otras aplicaciones comunes de los acelerómetros es medir movimiento y medir caída libre.

En el presente proyecto el acelerómetro es el sensor utilizado dentro del dispositivo maestro, por lo que juega un papel fundamental en el funcionamiento del sistema.

8.2 Características importantes para seleccionar un acelerómetro

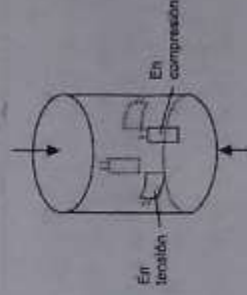
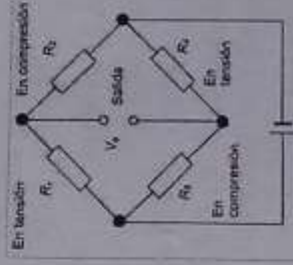
- **Rango:** el rango nos indica los límites superiores e inferiores de la aceleración que se puede medir. Es importante elegir bien el rango necesario para el proyecto donde se usará porque también influye en la precisión de sensado.
- **Interface:** existen tres tipos
 - Analógicos: producen un voltaje directamente proporcional a la aceleración a la que son sometidos.
 - PWM: producen una señal cuadrada de una frecuencia fija, pero su ciclo de trabajo varía de acuerdo a la aceleración.
 - Digitales. Generalmente incluyen una interfaz serial (SPI o I²C). Éstos son los que poseen más características y son afectados en menor medida por el ruido.
- **Número de ejes medidos:** los hay de 1, 2, 3 y 6 ejes (incluyen aceleración angular).
- **Ancho de banda:** nos indica que tan frecuentemente puede ser medido el acelerómetro y ser confiable en los datos que entrega.
- **Consumo de energía:** generalmente alrededor de las centenas de μA . Algunos acelerómetros tienen la función de 'dormirse' cuando no son ocupados y así ahorrar energía.
- **Características adicionales:** algunos acelerómetros incluyen funcionalidades extra.

Sensores y Actuadores

Sensores Resistivos

1. La resistencia de un sensor de temperatura con resistencia de platino es de 120Ω a 0°C y ocupa un brazo de puente de Wheatstone. A esta temperatura el puente esta balanceado y la resistencia de los otros brazos es de 120Ω . El coeficiente de temperatura de una resistencia de platino es de 0.0039 1/K . ¿Cuál será el voltaje de salida del puente por un cambio en la temperatura de 20°C ? La carga a la salida se puede considerar como un circuito abierto y el voltaje de alimentación del puente se obtiene de una fuente de 6 V con resistencia interna despreciable.

2. En un manómetro de diafragma se utilizan cuatro extensómetros que monitorean el desplazamiento de diafragma. Estos extensómetros activos forman parte de un puente de Wheatstone, como se muestra en la siguiente figura. El factor de calibración de los extensómetros es de 2.1 con una resistencia de 120Ω . Al aplicar una presión diferencial al diafragma, dos de los extensómetros quedan sometidos a un esfuerzo de tensión de 1×10^{-5} , mientras que los otros dos experimentan un esfuerzo de compresión de la misma magnitud. La fuente de voltaje del puente es de 10 V . ¿Cuál será el voltaje de salida del puente?



3. Una determinada celda de carga tiene cuatro galgas extensiométricas montadas sobre acero con módulo de Young $E=210 \text{ GPa}$, que se conectan formando un puente de Wheatstone. Las galgas tienen un factor de sensibilidad (calibración) de 2.0 y una resistencia de 250Ω con una tolerancia del 0.3%. Si el puente se alimenta a 10 V , calcular:

- ¿Cuál es la tensión de salida del puente cuando el esfuerzo es de 100 kg/cm^2 ?
- ¿Cuál sería el esfuerzo ficticio que podríamos tener en el peor de los casos debido a la tolerancia de las resistencias de las galgas?

La NTC **2322 640 63123** (Phillips) tiene una resistencia de $12 \text{ k}\Omega$ a 25°C y de $1,3 \text{ k}\Omega$ a 90°C . Si su coeficiente de disipación en agua quieta es de 18 mW/K y se va a emplear en una aplicación donde la temperatura del agua puede ir desde 0°C hasta 100°C , ¿Cuál es el límite de corriente que puede circular por la NTC para que el error por autocalentamiento sea menor a $0,5^\circ\text{C}$?

Una determinada RTD de níquel tiene, a 0°C , un coeficiente de temperatura de $0,672 \text{ \% / K}$ y una resistencia de 120Ω , y está conectada mediante dos hilos de cobre de tamaño métrico 9.0 (resistencia aproximada $33,86 \Omega/\text{km}$ a 20°C). Si el coeficiente de temperatura del cobre a 0°C es $0,00427 \text{ K}^{-1}$ y la temperatura ambiente, cuyos cambios afectan a los hilos de cobre, puede ir desde 15°C hasta 45°C . ¿Cuál es la máxima distancia de medida para que el cambio de temperatura ambiente no provoque una desviación mayor de $0,1^\circ\text{C}$?

Se tiene una RTD de platino que a 0° tiene una resistencia de $100\ \Omega$ y un coeficiente de temperatura $\alpha_0 = 0.00389\ \text{K}^{-1}$. ¿Cuáles son su sensibilidad y coeficiente de temperatura a 25°C y a 50°C ?

7. Una determinada NTC tiene una resistencia de $5000\ \Omega$ a 25°C y $1244\ \Omega$ a 60°C . Determinar:

- ¿Cuál es su temperatura característica?
- ¿Cuál es su sensibilidad a 25°C y a 60°C ?
- ¿Cuál es el coeficiente de temperatura para cada una de estas temperaturas?
- ¿Cuál es la pendiente de la recta que une los valores de resistencias a 25°C y 60°C ?
- ¿Qué valor debería tener una resistencia R conectada en paralelo con la NTC para que a resistencia equivalente fuera aproximadamente lineal entre 25°C y 60°C ?
- ¿Cuál sería la sensibilidad de dicha resistencia equivalente para la temperatura central del rango de medida?
- ¿Y para 25°C y 60°C ?
- ¿Cuál es la pendiente de la recta que une los valores de resistencia equivalente a 25°C y 60°C ?

3. El puente de la figura incorpora una NTC que tiene $5000\ \Omega$ a 25°C y $1444\ \Omega$ a 60°C . Calcular:

- ¿Cuánto valen los parámetros A y B que permiten describir su comportamiento en un margen de temperatura reducido?
- Si se desea medir una temperatura en el rango de 0°C a 50°C , ¿qué valor debe tener R_1 para que la tensión de salida del puente tenga un punto de inflexión en el centro del rango de medida?
- Si se desea tener una salida nula a 0°C , ¿qué relación deben cumplir R_1 y R_2 ?
- Si se considera que la salida del puente es lineal, con sensibilidad teórica igual a la sensibilidad real que se tiene en el centro del rango de medida, ¿cuál sería la desviación por falta de linealidad cuando la temperatura real fuera de 50°C ?



VISHAY BCCOMPONENTS

www.vishay.com

Resistive Products

Application Note

NTC Thermistors

APPLICATIONS

AUTOMOTIVE APPLICATIONS

NTC temperature sensors are widely used in motor vehicles.

- For example:
 - Inlet air-temperature control
 - Transmission oil-temperature control
 - Engine-temperature control
 - ABS
 - Airbag electronic systems
 - Temperature detection in washer diode in CD players for cars
 - Frost sensors
 - ABS

DOMESTIC APPLIANCES

NTC temperature sensors are in virtually all equipment in the home where temperature plays a role. This includes

- Fridges and freezers
- Cookers and deep-fat fryers

- Washing machines and dish washers
 - Central-heating systems
 - Air conditioning
- INDUSTRIAL, TELECOMMUNICATIONS, CONSUMER**
- In switching, measuring and detection systems
 - Process control
 - Heating and ventilation
 - Air conditioning
 - Fire alarms
 - Temperature protection in battery management/emerging systems
 - LOD contrast control in flat-panel displays, mobile phones and camcorders
 - Temperature compensation of quartz oscillator frequency in, for example, mobile phones
 - Ink-jet printer head temperature detection
 - Video and audio equipment

SELECTION CHART

PRODUCT RANGE	OPERATING TEMP. RANGE (°C)	TOL. ON R (±%) OR ON T (±°C)	B (COL) (±%)	RESP. TIME (s)	MAX. C (mm)	LEAD Ø (mm)	L (mm)	DOCUMENT NUMBER
Accuracy line								
NTCLEF03E3	-40 to +125	(1, 2, 3, 5) %	0.5 to 2.5	1.7	3.4	0.4	38 min.	29048
NTCLE100E3	-40 to +125	(2, 3, 5) %	0.5 to 3.0	1.2	3.3	0.6	17 min.	29049
NTCLE101E3...SB0	-40 to +125	0.5 °C	two-point sensors	1.2	3.3	0.6	17 min.	29046
NTCLE203E3...SB0	-55 to +150	0.5 °C	two-point sensors	1.7	4.2	0.5	41	29118
SMD versions								
NTCS0603E3	-40 to +150	(1, 2, 3, 5) %	1	-	-	-	-	29056
NTCS0402E3	-40 to +150	(1, 2, 3, 5) %	3	-	-	-	-	29003
NTCS0805E3	-40 to +150	(1, 2, 3, 5) %	1	-	-	-	-	29044
Miniature accuracy line								
NTCLE300E3	-40 to +125	0.5 °C	1.2	1.2	2.4	AWG30	38	29081
NTCLE201E3	-40 to +125	0.5 °C	1.2	1.3	2.4	0.3	38	29081
NTCLE305E4	-40 to +125	0.5 °C	0.5 to 1	0.7	1.6	AWG32	41	29076
High temperature								
NTCSMELFE3	-40 to +150	5 %	1.3	0.9	1.7	-	-	29119
NTCLG100E2	-40 to +300	5 %	1.3	0.9	1.85	0.56 max.	25.4 min.	29050
Special long-leaded (UL2469 PVC insulation):								
NTCLS100E3	-40 to +85	3 %	0.75 to 3	15	8	AWG24	400	29060
NTCLP101E3	-40 to +85	3 %	0.75 to 3	10	6	AWG24	400	29060
NTCLE400E3	-40 to +85	3 %	0.75 to 3	7	6	AWG24	400	29060
Ring Tongue Sensors								
NTCALUG02 series	-55 to +125	(1, 2) %	0.5	5	8.5	AWG32	45	29066
NTCALUG03 series	-40 to +125	(2, 3) %	0.5 to 1.5	5	5.5	AWG32	70	29114
NTCALUG01 series	-40 to +150	5 %	0.5	5	7.1	AWG24	36	29092

Revised 21 May 02

Document Number: 29050

For technical questions, contact: direct@vishay.com

THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT www.vishay.com/doc-39100

36250A

APPLICATION NOTE