

5. Sensores y Transductores

F. Hugo Ramírez Leyva
Cubículo 3
Instituto de Electrónica y Mecatrónica
hugo@mixteco.utm.mx

Enero 2013

1

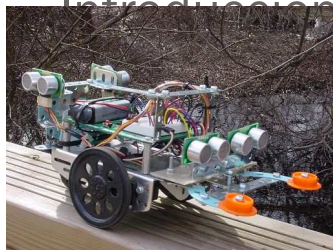
Introducción

Pressure sensor
Boost-pressure sensor
Atmospheric-pressure sensor
High-pressure sensor
Lambda oxygen sensor
Rotational-speed sensor
Tank-pressure sensor
Accelerator-pedal sensor
Angle-of-rotation and position sensor
Yaw-rate sensor
Humidity/Temperature sensor
Pressure sensor
Rain sensor
Ranging sensor

Ranging radar
Tilt sensor
High-pressure sensor
Torque sensor
Steering-wheel angle sensor
Acceleration sensor (ABS)
Airbag sensors
Yaw-rate sensor (ESP)
Tilt sensor
Yaw-rate sensor
Wheel-speed sensor (ABS)

2

Introducción



• http://picasaweb.google.com/lh/photo/29X6tRtlpyN_bGmFgrZA



<http://www.robotic-lab.com/blog/2007/06/13/mano-robot-con-sensores-tactiles/>



• http://www.mancomun.org/es/no_cache/actualidade/detalledenova/nova/robots-galegos-con-software-libre/

3

Introducción



• <http://www.aceriferru.com/robot%20soldadura.html>

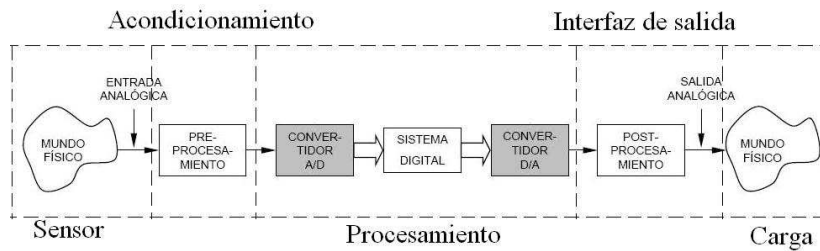


• <http://www.globalrobotsusa.com/Fanuc-M16B-RJ3iB-20.htm>

4

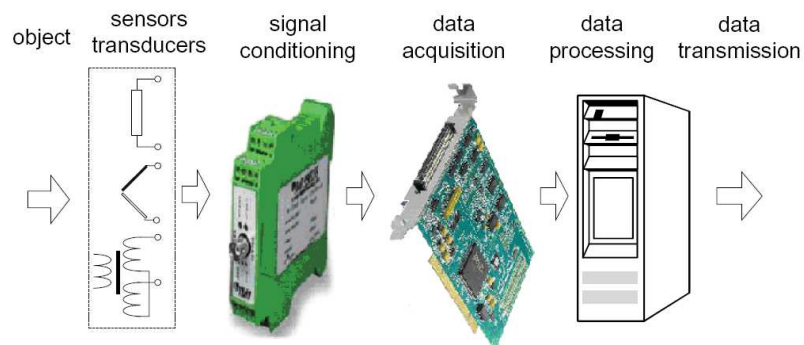
Sensor Actuador

- El mundo real es por naturaleza analógico
- En la mayoría de los casos es más adecuado el procesamiento digital.
- Es preciso intercalar en la entrada y en la salida del sistema digital unos interfaces convertidores analógico-digital (ADC) y digital analógico (DAC).
- Con el DAC y el ADC se puede hacer el procesador digital y que éste interactuar con su entorno.



5

Sistema de medición con base en una Computadora

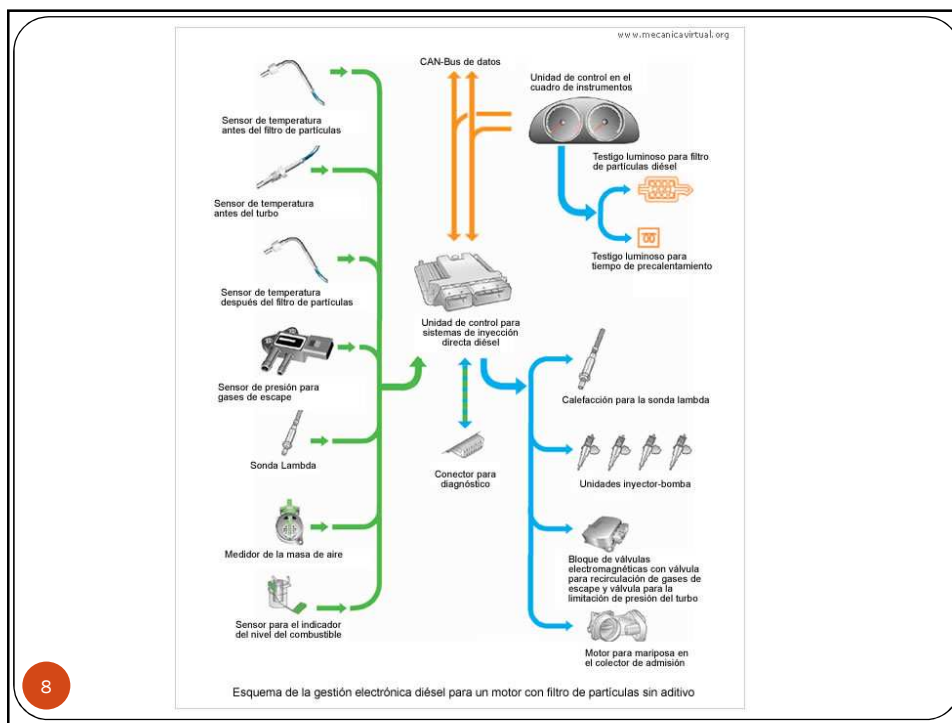


6

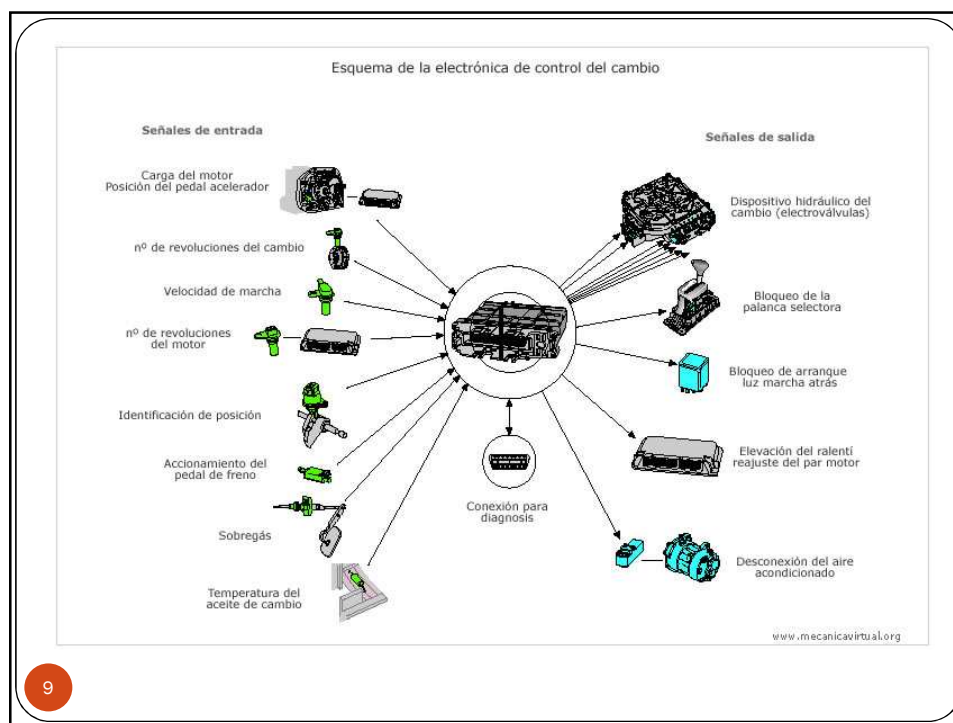
Sensor Actuador

- **Sensor.** Convierte un parámetro físico en una cantidad eléctrica
- **Transductor:** Dispositivo usado en mediciones, que hace corresponder una magnitud de entrada a una magnitud de salida según una relación determinada.
- **Acondicionamiento.** Interfaz de entrada en la que se usan amplificadores operacionales para acondicionar la señal proveniente del sensor.
- **Procesamiento.** Se encarga de digitalizar la seña analógica, procesarla con un microcontrolador o microprocesador, y posteriormente convertirla a un voltaje analógico.
- **Convertidor Analógico Digital (ADC)**
- **El convertidor digital Analógico (DAC)**
- **Interfaz de salida.** Sirve como aislamiento entre el uC y las cargas de alto voltaje o alta corriente. Dispositivos de interfaz de salida típicos son los Triacs, SCR, transistores de potencia, relevadores, etc.
- **Carga.** Motores calderas, bombas, unidades de aire acondicionado, calentadores etc.

7



8



Características de un Sensor

- **Rango de medida:** dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.
- **Precisión:** Es el error de medida máximo esperado.
- **Offset o desviación de cero:** valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.
- **Linealidad o correlación lineal.**
- **Sensibilidad de un sensor:** relación entre la variación de la magnitud de salida y la variación de la magnitud de entrada.
- **Resolución:** mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.
- **Rapidez de respuesta:** puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.
- **Derivas:** son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.
- **Repetitividad:** error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Clasificación de los Sensores

1. Según el principio de funcionamiento
2. Según el tipo de señal eléctrica que generan
3. Según el Rango de Valores que proporcional
4. Según el nivel de integración
5. Según el tipo de variable física medida

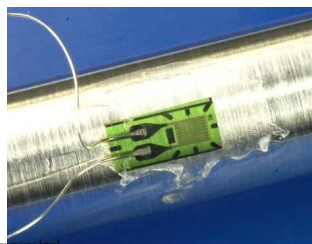


<http://micronova.wordpress.com/2010/03/17/clasificacion-de-los-sensores/>

11

Según el principio de funcionamiento

- Pasivos
 - Resistivos (Resistencia variable)
 - Potenciométricos
 - Termoresistivos
 - Fotoresistivos
 - Extensiométricos
 - Magneto-resistivos
 - Electroquímicos
 - Capacitivos (Capacitancia variable)
 - Inductivos (Inductancia Variable)
 - Reluctancia Variable
 - Permeancia Variable
 - Magneto-resistivos
 - Transformador Variable
 - Optoelectrónicos
 - Dispositivos electrónicos detectores de luz. Foto diodo, Foto transistor
 - Par emisor / detector de luz.
 - Otros
- Activos
 - Piezoeléctricos
 - Fotoeléctricos u optoelectrónicos
 - Fotoemisivos
 - Fotovoltaicos
 - Termoeléctricos (Termopares)
 - Magnetoeléctricos
 - Electromecánicos
 - Semiconductores
 - Otros

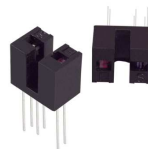


12

<http://www.arqhs.com/construccion/galga-extension>

Clasificación de los Sensores

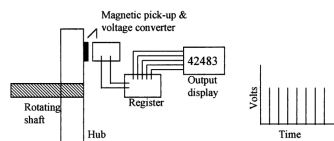
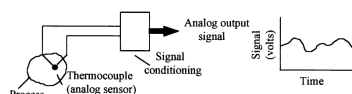
- Según el tipo de señal eléctrica que generan
 - Analógicos
 - Digitales
 - Temporales
- Según el Rango de Valores que proporcional
 - De medida
 - Todo o nada (On-Off)
- Según el nivel de integración
 - Discreto
 - El acondicionamiento se hace por separado
 - Integrado
 - El acondicionamiento y el sensor están en el mismo chip.
 - Inteligente
 - Sensor que tiene al elemento de sentido, acondicionamiento y procesador en un mismo CI monolítico o híbrido.
- Según el tipo de variable física medida
 - Presión
 - Temperatura
 - Humedad
 - Fuerza
 - Aceleración
 - Velocidad
 - Caudal
 - Presencia o ausencia de objetos
 - Nivel de sólidos o líquidos
 - Posición de objetos
 - Desplazamiento de objetos
 - Otros



13

Sensores Analógicos y Digitales

- **Sensores Analógicos**
 - Proporcionan a su salida señales eléctricas denominadas analógicas que pueden tomar cualquier valor dentro de unos determinados márgenes y que llevan la información en su amplitud.
- **Sensores digitales**
 - Generan señales eléctricas que solo toman un número finito de niveles o estados entre un máximo o mínimo y por ello reciben el nombre de digital. Las más utilizadas son la binarias que solo pueden tener dos niveles de tensión, que se asigna a los números binarios 0 y 1.



14

Características de Sensores Industriales

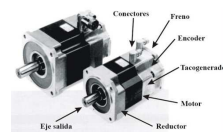
- Sensor adecuadamente construido para trabajar en las condiciones existentes en un entorno industrial (Temperatura elevada, presencia de polvo, humedad relativa alta, etc.).
- Características de los sensores industriales
- De entrada
 - Campo o rango de medida
 - Forma de variación de la magnitud de entrada
- Eléctricas
 - Características eléctricas de salida.
 - Características de alimentación.
 - Características de aislamiento.
- Mecánicas
 - Configuración constructiva y sus dimensiones externas.
 - Instrucciones de montaje
 - Tipo, tamaño y localización de las conexiones eléctricas y mecánicas.
 - Forma de realizar ajuste externos (en caso de tenerlos).
 - Material de la carcasa.
 - El grado de protección de la carcasa a agentes externos (Norma NEMA, IEC, etc.).



15

Actuadores

- Generan el movimiento de los elementos del robot según las ordenes dadas por la unidad de control. Tipos de actuadores:
 - Neumáticos (aire).
 - Hidráulicos (aceite).
 - Electricos (motores).
- Características más importantes:
 - Potencia, controlabilidad, peso y volumen, precisión, velocidad, mantenimiento, costo.



16

Presentación de las Mediciones (Analógico)



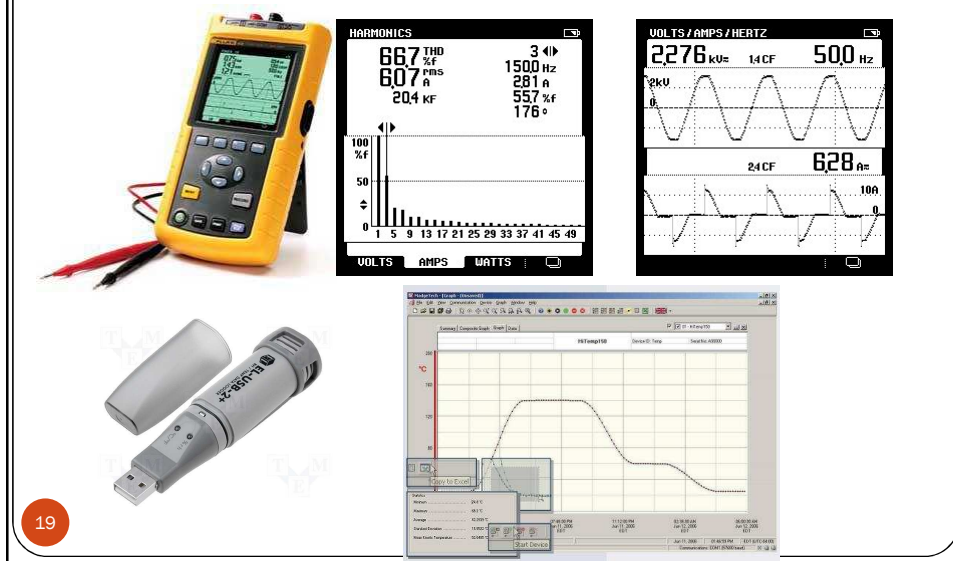
17

Presentación de las Mediciones (Digitales)



18

Presentación de las Mediciones (Gráfica)



19

Medidor de Tensión



20

Medidor de Tensión

Software para el estudio de Galgas Extensiométricas

Medición de Peso | Configuración y Resultados | Análisis Teórico | Acerca de...

Voltaje ab y Medición de Peso

Puente de Wheatstone

Medición de Peso

10.50 Kg

21

Medidor de Tensión

Software para el estudio de Galgas Extensiométricas

Medición de Peso | Configuración y Resultados | Análisis Teórico | Acerca de...

Estimaciones ideales para Columnas Circulares

Cálculo del Alargamiento

$$\Delta l = \frac{PL}{EA}$$

Datos:

P = 896.680 Carga (Kg)

L = 100.00 Longitud (mm)

E = 70.00 Módulo de E. (GN)

D = 10.00 Diámetro (mm)

Alargamiento 0.0000 m

Variación de Resistencia

$$\Delta R = \frac{GF \cdot R \cdot P}{E \cdot A}$$

Datos:

GF = 2.115 GF Adimensional

R = 350.00 Resistencia (Ohm)

P = 21.435 Carga (Kg)

E = 70.00 Módulo de E. (GN)

D = 6.35 Diámetro (mm)

Variación de Resistencia 0.0000 Ω

Cálculo del Voltaje_{ab}

$$V_{ab} = E \left[\frac{R_x}{R + R_x} - \frac{1}{2} \right]$$

Datos:

E = 2.50 Alimentación (V)

R_x = 350.02011 Rdesconocida (Ohm)

R = 350.00 Rgalga (Ohm)

Voltaje ab 0.0000 V

22

Tesis

- “Diseño, Construcción y Caracterización de un Sensor para Medir Cargas a Tensión por Extensiometría“
 - Alumno: Guillermo Amando Ruiz Rojas
 - Asesores: F. Hugo Ramírez Leyva y Víctor Manuel Cruz Martínez
 - Año: 2005
- Identificación del Módulo de Elasticidad del Aluminio 6061 por medio de la deformación con Galgas Extensiométricas
 - Alumno: Jesús Villegas Guzmán
 - Asesores: José Alberto Antonio García y F. Hugo Ramírez Leyva
 - Año: 2011

23

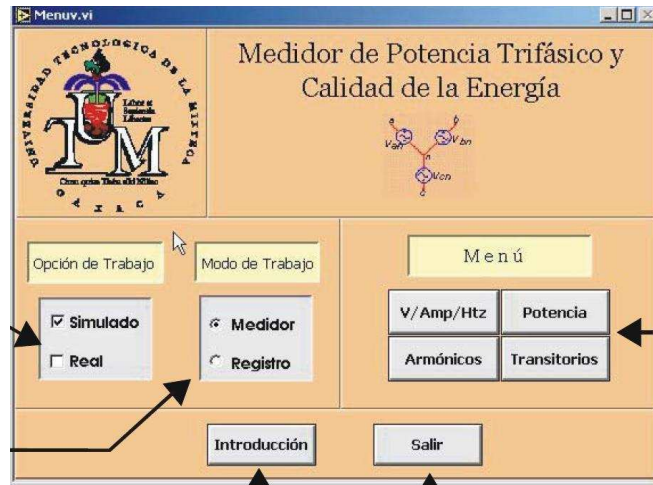
Medidor Trifásico

- Diseño y construcción de un Módulo de Almacenamiento para el Medidor de Variables Eléctricas Power Logic PM650 Basado en el Microcontrolador 8031. Zhoraya López Villegas. 2002
- Medidor de Potencia y Calidad de la Energía. Alumno: José Manuel Avila Vazquez. Año: 2003
- Codificador de Pulsos KYZ Bajo el Protocolo de Comunicaciones Modbus para Medidores Electrónicos de Energía Eléctrica. Aparicio Velazquez Emmanuel. 2004
- <http://biblioteca.utm.mx>



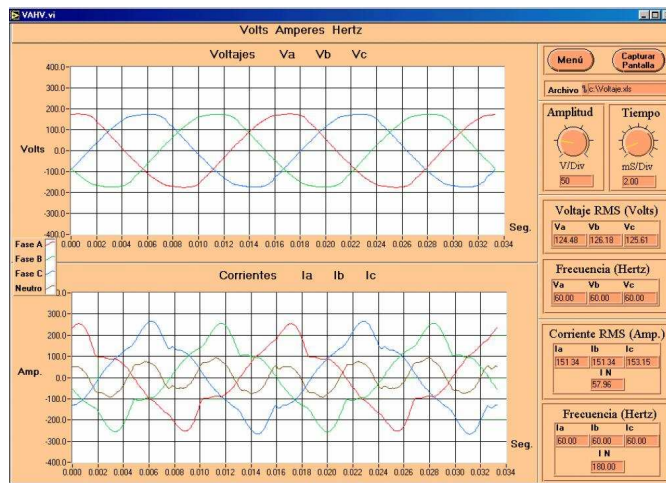
24

Medidor Trifásico



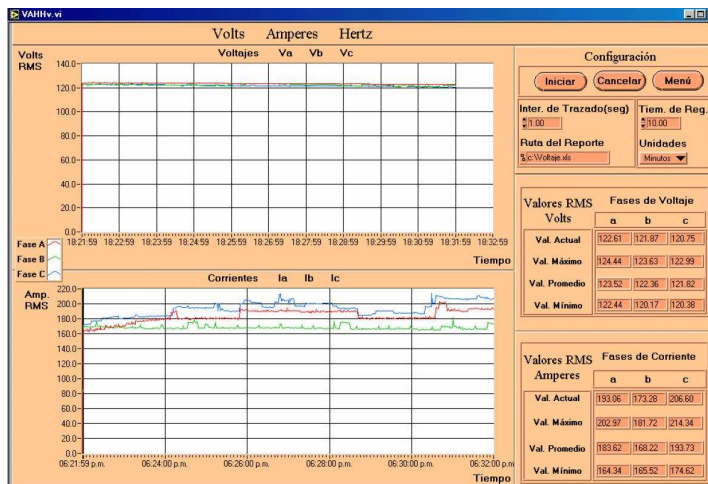
25

Medidor Trifásico



26

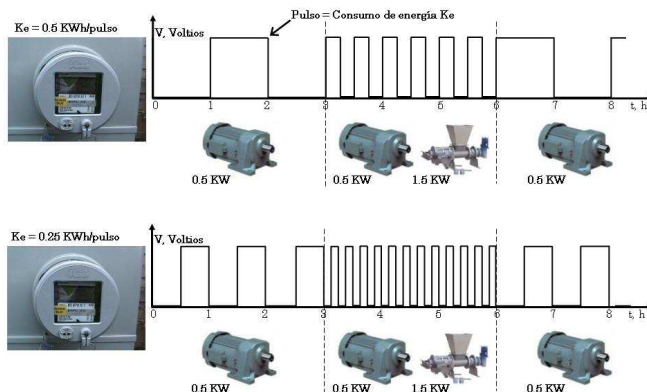
Medidor Trifásico



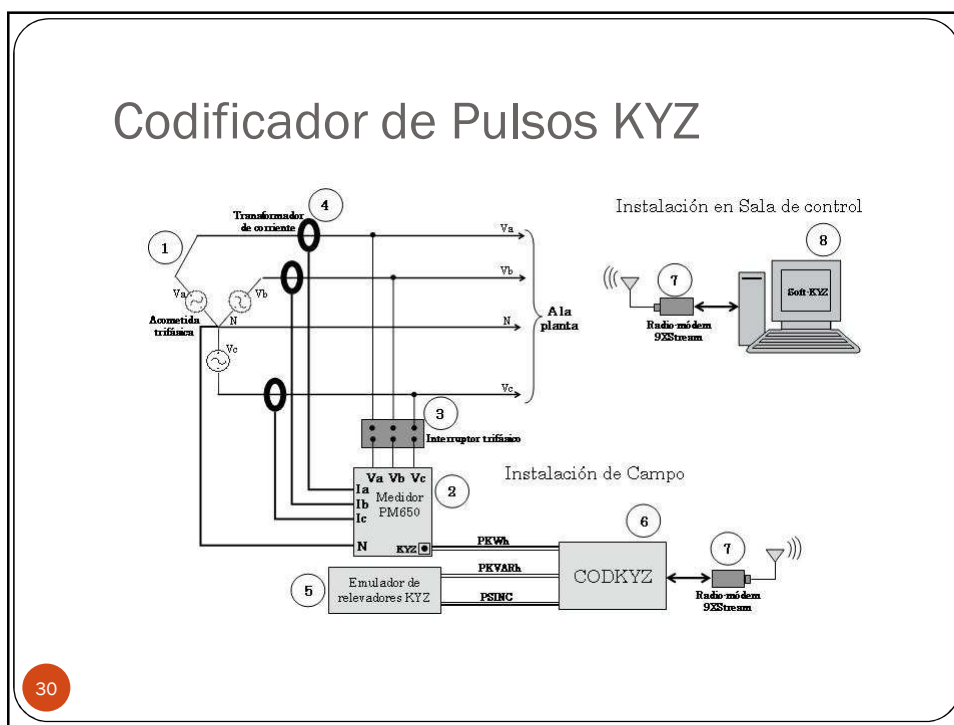
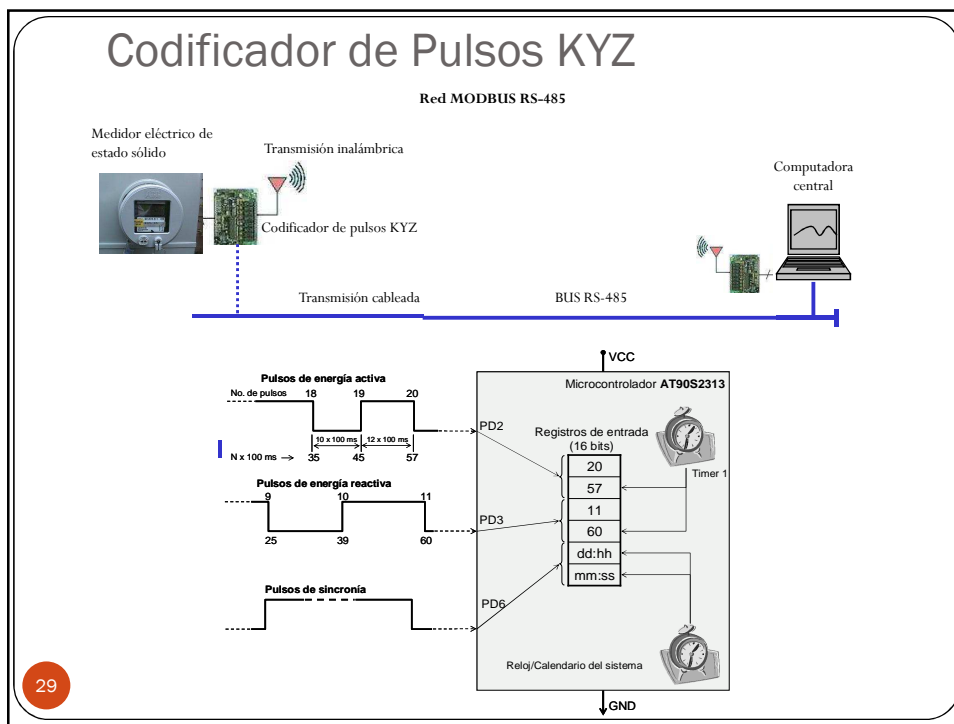
27

Codificador de Pulsos KYZ

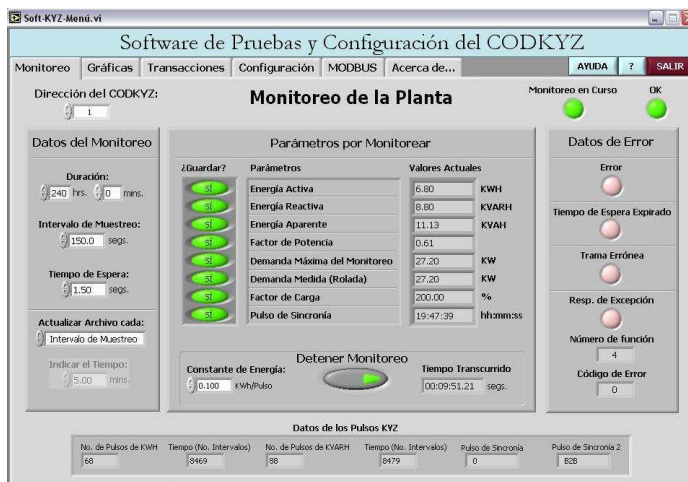
- Codificador de Pulsos KYZ bajo el Protocolo de Comunicaciones MODBUS para Medidores Electrónicos de Energía Eléctrica”
- Enmanuel Aparicio Velázquez



28

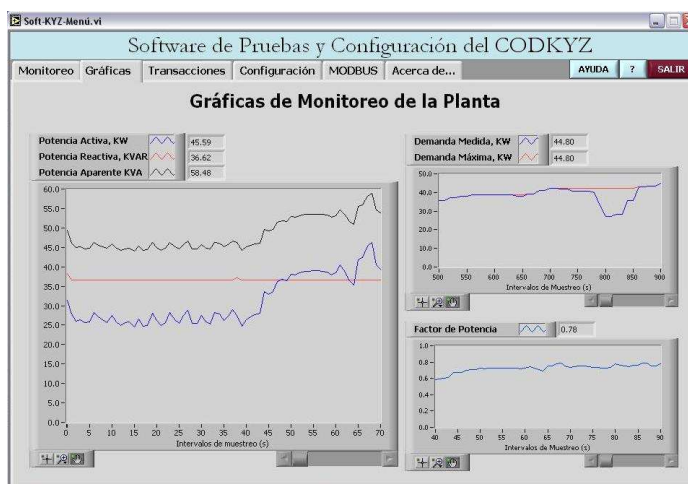


Codificador de Pulsos KYZ



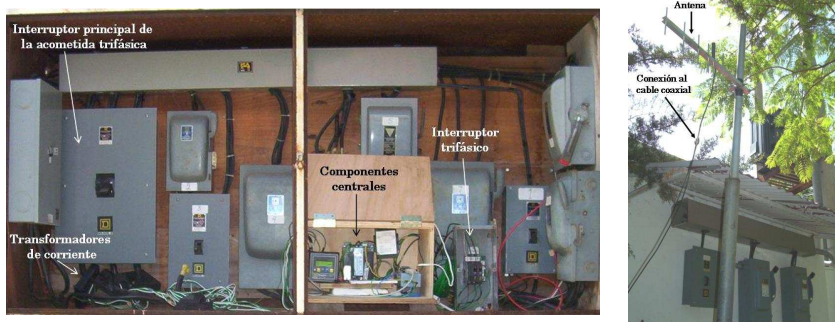
31

Codificador de Pulsos KYZ



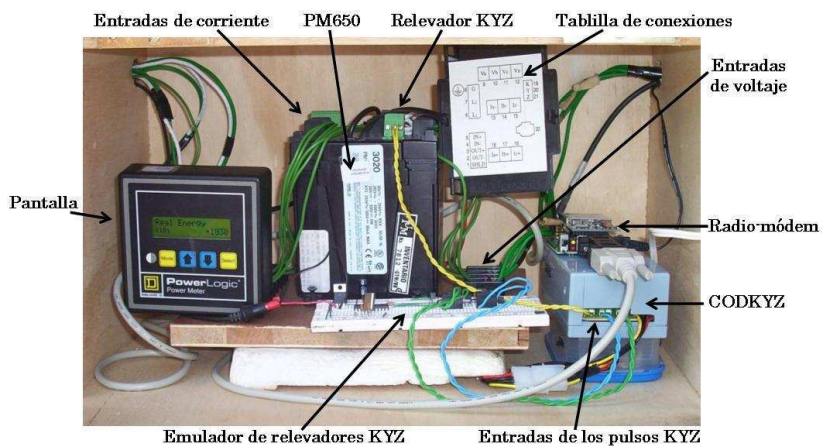
32

Codificador de Pulsos KYZ



33

Codificador de Pulsos KYZ

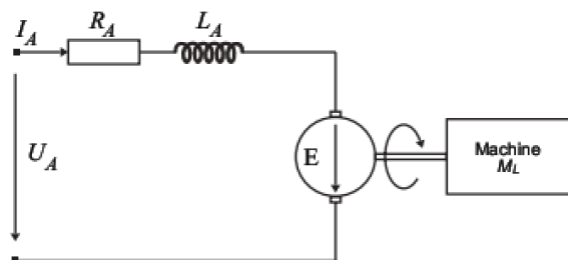
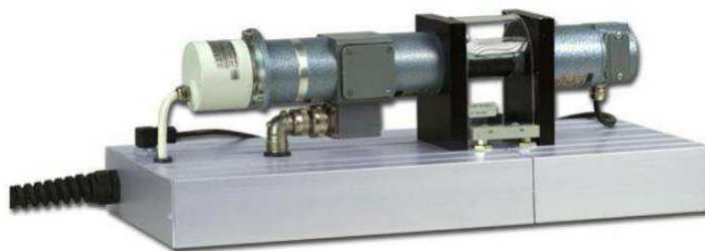


34

Control de un Motor

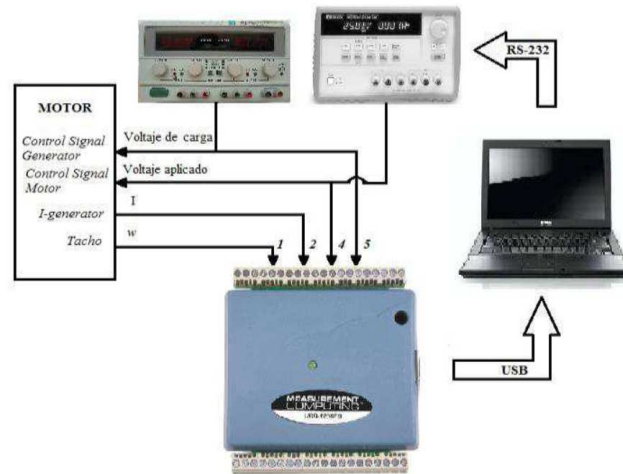
- Wilebaldo Martínez-Velazco, Felix Emilio Luis-Pérez, Fermín Hugo Ramírez-Leyva. “Sistema de Identificación y Control del Servo Motor Amira para uso Didáctico Desarrollado en instrumentación Programable”. VII Semana Nacional de Ingeniería Electrónica SENIE 11; 26 al 28 de Octubre 2011, Tapachula , Chiapas , México. ISBN 968-607-477-588-4

35



36

Control de un Motor



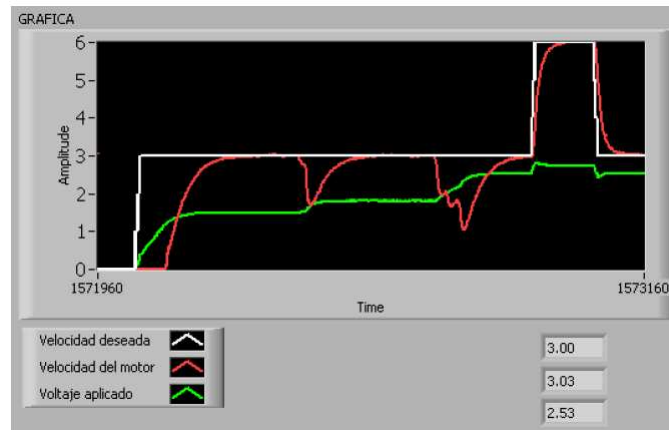
37

Control de un Motor



38

Control de un Motor



39

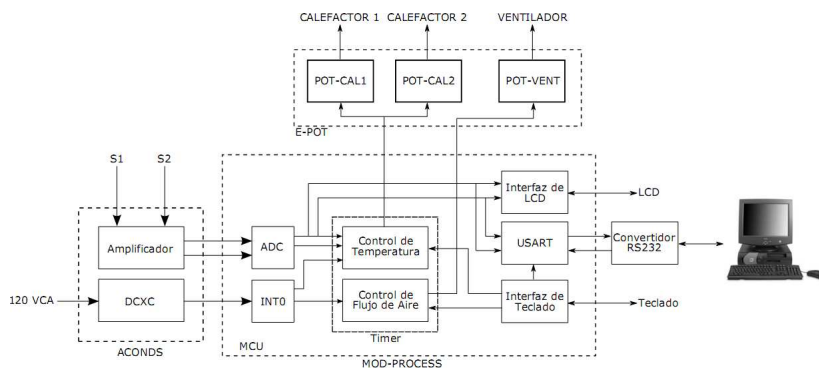
Control de Temperatura

- Control de Temperatura y Flujo de Aire por ciclos enteros de un Deshidratador Eléctrico con Base en Instrumentación Programable
- Julio César García Guillén
- Año: 2011



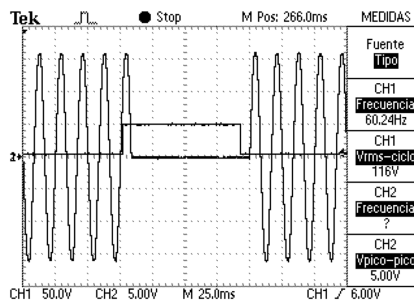
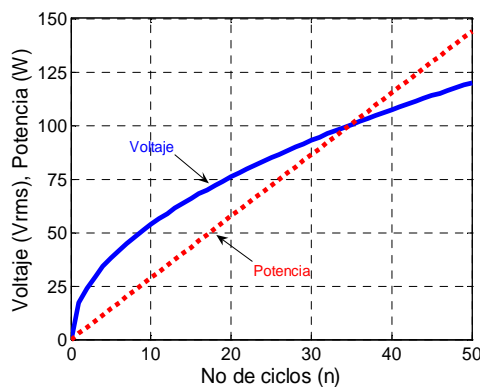
40

Control de Temperatura



41

Control de Temperatura



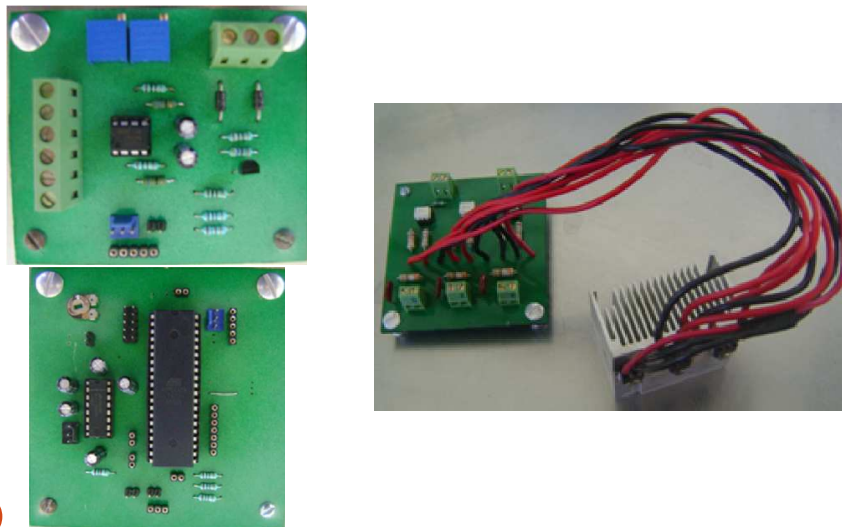
42

Control de Temperatura



43

Control de Temperatura

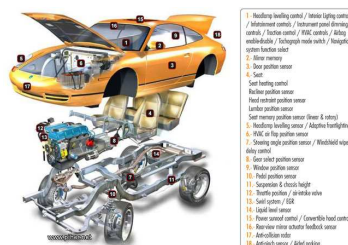


44

Sistemas de acondicionamiento

5. Sensores y Transductores

- Temperatura
- Sensores de Luz
- Desplazamiento, posición y proximidad
- Velocidad y movimiento
- Fuerza
- Presión de fluidos
- Flujo de líquidos
- Nivel de líquidos



<http://www.potenciometros.es/>

45

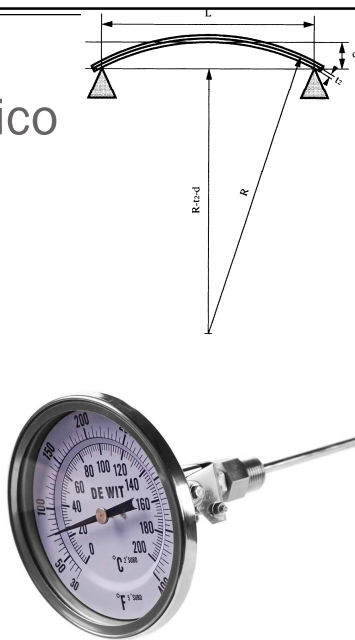
Tipos de Medidores de Temperatura

- Termómetro bimetalico. Usa la expansión térmica de 2 metales. Transformar las variaciones de temperatura en variaciones mecánicas.
- Resistivos. Cambio de la resistencia en función de la temperatura RTD (*Resistive Temperature Detectors*). Metales, Termistores.
- Termo acoplador. Efecto *Seebeck effect*, Transforma variaciones de temperatura en voltaje mediante la unión de 2 metales.
- Termómetros de unión de semiconductor. Unión PN de semiconductor.
- Infrarrojo. Medición de la intensidad de la radiación electromagnética en el rango del infrarrojo (radiación térmica)
- Piro eléctricos. Materiales cristalinos que generan voltaje ante cambios del flujo de calor
- Termómetros líquidos. Mediante la expansión térmica de mercurio contenido en un envase de vidrio.
- Manométricos. Miden la presión del gas y a partir de ella obtiene la medición de la temperatura.
- Fibra óptica. Cambio de las propiedades de la luz en función de la temperatura. Fase (Interferometría 10^{-14} m). Efecto Dopler, Cambio de polarización, estimulación de emisión secundaria (color o polarización).
- Indicadores de temperatura. Deformación de un cuerpo en función de la temperatura (conos pirométricos,

46

Termómetro bimetalico

- Se genera un cambio de longitud en 2 metales con diferente coeficiente de expansión térmica.
- Esta diferencia provoca que el dispositivo se mueva fuera del plano, el cual puede ser utilizado como actuador electromecánico.
- Para maximizar el efecto del doblado, se utilizan materiales con una gran diferencia en sus coeficientes de expansión térmica.
- El metal con el mayor coeficiente se llama *elemento activo*, y el de menor es el elemento pasivo (hierro níquel $0.1 \times 10^{-6} \text{K}^{-1}$).
- Las configuraciones de los elementos bimetalicos son: Puente, trampolín, espiral o helicoidal.

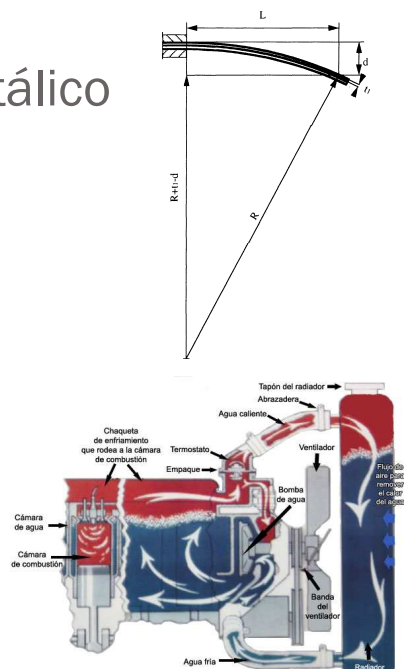


47

http://www.calderasdelnorte.com.mx/detalle_producto.asp?id_Product=82

Termómetro Bimetálico

- La ecuación que controla la curvatura esta dada por:
- $$\frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} = \frac{6(1+m)^2 (\alpha_2 - \alpha_1) (T - T_0)}{t [3(1+m)^2 + (1+mn)(m^2 + 1/mn)]}$$
- $1/R_0 =$ Curvatura inicial a la temperatura T_0
 - Coeficiente de expansión térmica (2 el activo y 1 pasivo).
 - $n = E_1/E_2$ módulos de Young's
 - $m = t_1/t_2$ espesores
 - $t = t_1 + t_2$ espesor de las 2 tiras.
 - La mayoría de medidores industriales $m = 1$.



48

Termómetro Bimetálico

TABLE 32.2 Table of Selected Industrially Available ASTM Thermostatic Elements

Type (ASTM)	Flexivity 10^{-6} ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)	Max. sensitivity temp. range ($^{\circ}\text{C}$)	Max. operating temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Young's Modulus (GPa)
TM1	$27.0 \pm 5\%^a$ $26.3 \pm 5\%^b$	-18-149	538	17.2
TM2	$38.7 \pm 5\%^a$ $38.0 \pm 5\%^b$	-18-204	260	13.8
TM5	$11.3 \pm 6\%^a$ $11.5 \pm 6\%^b$	149-454	538	17.6
TM10	$23.6 \pm 6\%^a$ $22.9 \pm 6\%^b$	-18-149	482	17.9
TM15	$26.6 \pm 5.5\%^a$ $25.9 \pm 5.5\%^b$	-18-149	482	17.2
TM20	$25.0 \pm 5\%^a$ $25.0 \pm 5\%^b$	-18-149	482	17.2

^a 10-93°C. From ASTM Designation B 388 [15].
^b 38-149°C. From ASTM Designation B 388 [15].

TABLE 32.3 Composition of Selected Industrially Available ASTM Thermostatic Elements Given in Table 32.2

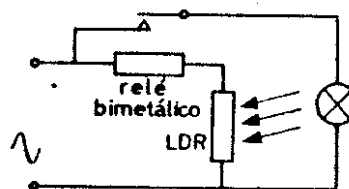
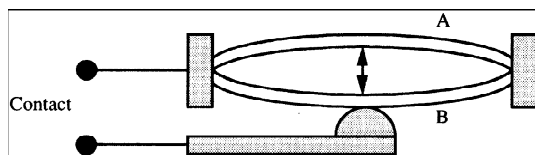
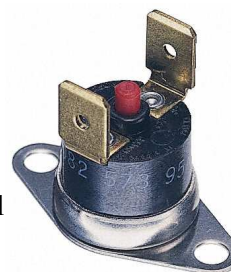
Element	TM1	TM2	TM5	TM10	TM15	TM20
High-expansive material chemical composition (% weight)						
Nickel	22	10	25	22	22	18
Chromium	3	72	8.5	3	3	11.5
Manganese	—	18	—	—	—	—
Copper	—	—	—	—	—	—
Iron	75	—	66.5	75	75	70.5
Aluminum	—	—	—	—	—	—
Carbon	—	—	—	—	—	—
Intermediate nickel layer	No	No	No	Yes	Yes	No
Low-expansive material chemical composition (% weight)						
Nickel	36	36	50	36	36	36
Iron	64	64	50	64	64	64
Cobalt	—	—	—	—	—	—
Component ratio (% of thickness)						
High	50	53	50	34	47	50
Intermediate	—	—	—	32	6	—
Low	50	47	50	34	47	50

From ASTM Designation B 388 [15].

49

Termómetro Bimetálico

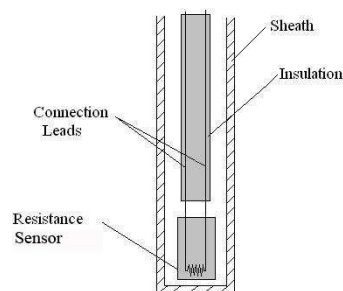
- Las principales aplicaciones son:
 - Control de temperatura en procesos industrial
 - Actuador de tipo *on/off* (encendido/apagado)
 - Encendido y apagado de contactos eléctricos (*snap*) en foto celdas.
 - Micro sensores y micro actuadores



50

Resistivos (RTD)

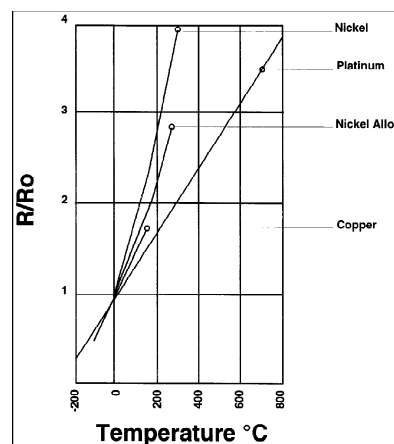
- Detectores resistivos de temperatura (*Resistive Temperature Detectors* RTD).
- Son tipos especiales de metales que cambian su resistencia en función de la temperatura. Cuando ésta aumenta, la resistencia se incrementa.
- Se pueden conseguir precisiones estándares de ± 0.1 °C y con platino hasta ± 0.0001 °C (SPRTs).
- Los metales mas usados son el platino, el cobre y el níquel. Entre más puros sean éstos, se tiene una mejor respuesta.
- El platino es el mejor, debido a que es químicamente inerte, no se oxida y tiene un rango grande de temperaturas de operación.
- Para medir la resistencia, se le aplica una corriente constante (0.8 mA a 1mA), y se mide el voltaje. Para ello se usa un multímetro o un puente de Wheatstone



51

Resistivos (RTD)

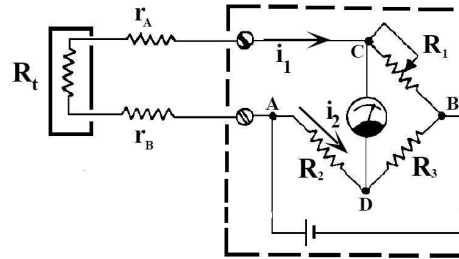
- El platino se puede usar desde -184.44°C a 648.88°C.
- La sensibilidad se define como el cambio de resistencia en el sensor por grado centígrado.
- El níquel se comporta muy no líneal a temperaturas mayores de 300°C, el cobre a 150°C se oxida.
- El coeficiente de temperatura, α . Es el cambio promedio en la resistencia por °C por la resistencia.
- R_0 = Resistencia a 0°C.
- R_{100} = Resistencia a 100°C.
- El coeficiente de temperatura para el níquel es de 0.00672, para el cobre 0.00427 y para el platino 0.003925.
- La resistencia nominal es de 100 Ω .



52

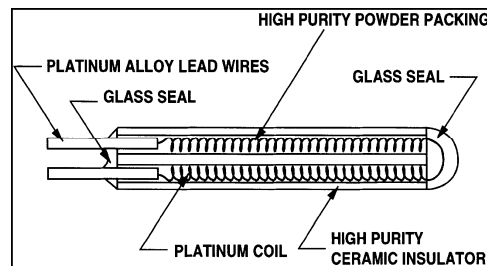
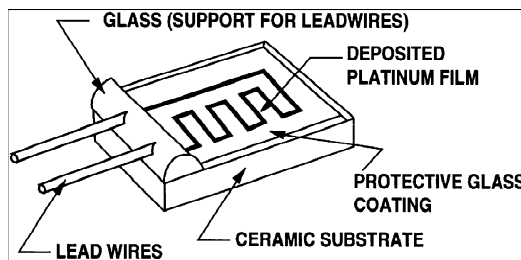
Resistivos (RTD)

- Existen 3 tipos de RTD's de platino
 - *Standard Platinum Resistance Thermometers (SPRTs).*
 - *Secondary Standard Platinum Resistance Thermometers (Secondary SPRTs).*
 - *Industrial Platinum Resistance Thermometers (IPRTs).*
- Ecuación de comportamiento:
- t = temperature
- R_0 = Resistencia a 0°C .
- A y B = Constantes de calibración.



53

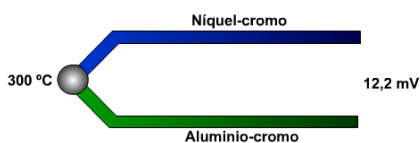
Resistivos (RTD)



54

Termo Acopladores

- Es uno de los elementos más ampliamente usados para la medición de la temperatura, a pesar de la gran cantidad de tipos de sensores que existen en nuestros días.
- Un termo acoplador, es cualquier unión de 2 conductores eléctricos con características termo eléctricas diferentes.
- El efecto Seebeck genera un voltaje entre 2 conductores eléctricos diferentes cuando no se encuentran a una temperatura uniforme.
- Cualquier interfaz eléctrica entre estos 2 conductores es una unión termo eléctrica real.
- Las terminales libres en los termo elementos son llamadas terminales.
- Las terminales libres en los termo elementos son llamadas terminales
- La disponibilidad de equipo a bajo costo, ha creado la ilusión de que la medición es fácil y simple. Sin embargo esto no es cierto ya que la precisión y el error son mal entendidas y cuestan mucho dinero.
- En un termo acoplador ocurren 3 fenómenos: Seebeck, Peltier y Thomson. Pero solo el primero convierte la energía térmica a eléctrica. Los otros 2 efectos son despreciables para aplicaciones de termometría.



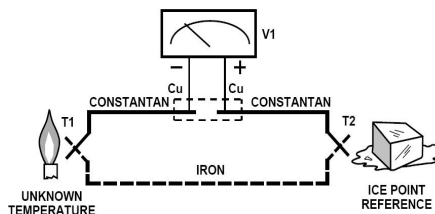
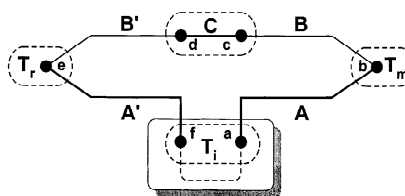
55

Termo Acopladores

- La fuente de voltaje Seebeck EMF con una temperatura en su unión T_m a una temperatura física de referencia T_r es:

$$E_{AB}(T, T_r) = E_A(T_m, T_r) - E_B(T_m, T_r)$$

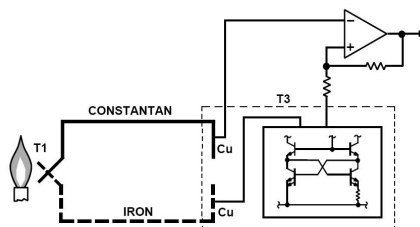
- El efecto Seebeck es $\sigma_{AB}(T, T_r) = \sigma_A(T_m, T_r) - \sigma_B(T_m, T_r)$
- es el que se puede observar.
- El voltaje se mide en circuito abierto, por lo cual no tiene sentido conexiones en paralelo de varios termopares.
- T_m = Temperatura en la unión.
- T_r = Temperatura de referencia (normalmente 0 °C).
- T_i = Temperatura



56

Termo Acopladores

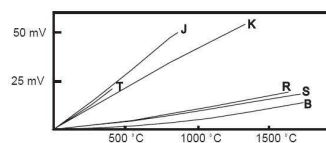
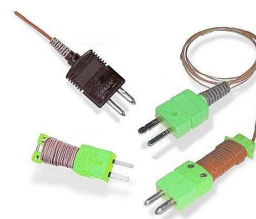
- Las 2 configuraciones más usuales para conectar los termopares son:
 - Unión con una sola referencia.
 - Es conveniente cuando se tiene una referencia de temperatura disponible.
 - Es necesario que $T_i = T_a = T_f$.
 - Normalmente tiene 4 termo elementos distintos.
 - No es recomendable usar esta configuración, con circuitos que internamente proporcionen compensación.
 - Unión con 2 referencias.
 - Es el más usado en la termometría moderna.
 - Este circuito solo tiene un termo acoplador principal (A-B)
 - Internamente posee unas terminales de extensión (C-D) (*extension Leads*). Su uso es Neutral (no genera Fuerza Electromotriz EMF), Acoplamiento (hace que $T_s = T_i$) o Compensación (generan una EFM para compensar la diferencia entre T_s y T_i).
 - La unión de referencia (A'-B') son usadas para compensar.



57

Termo Acopladores

- El estándar ANSI clasifica a los termopares en 8 tipos, y les asigna un color en específico, estos son: B, E, J, K, N, R, S y T
- Tipo K (**Cromo (Ni-Cr)** Chromel / **Aluminio** (aleación de **Ni-Al**) Alumel): con una amplia variedad de aplicaciones, está disponible a un bajo costo y en una variedad de sondas. Tienen un rango de temperatura de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad $41\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ aprox.
- Tipo E (Cromo / **Constantán** (aleación de **Cu-Ni**)): No son magnéticos y gracias a su sensibilidad, son ideales para el uso en bajas temperaturas, en el ámbito criogénico. Tienen una sensibilidad de $68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- Tipo J (**Hierro** / Constantán): debido a su limitado rango, el tipo J es menos popular que el K. Son ideales para usar en viejos equipos que no aceptan el uso de termopares más modernos. El tipo J no puede usarse a temperaturas superiores a $760\text{ }^{\circ}\text{C}$ ya que una abrupta transformación magnética causa una descalibración permanente. Tienen un rango de -40°C a $+750^{\circ}\text{C}$ y una sensibilidad de $\sim 52\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.
- Tipo N (**Nicrosil (Ni-Cr-Si)** / **Nisil (Ni-Si)**): es adecuado para mediciones de alta temperatura gracias a su elevada estabilidad y resistencia a la oxidación de altas temperaturas, y no necesita del **platino** utilizado en los tipos B, R y S que son más caros.



58

Termo Acopladores

- A bajas temperaturas es recomendable usar el J, K o T. El J es más barato y el K es más caro pero tiene una mejor linealidad.
- Para altas temperaturas, el más recomendado es el tipo R y S, el mejor es R por tener una mayor sensibilidad.
- Si operan en ambientes corrosivos o muy agresivos, se debe usar un termopozo.
- En la siguiente tabla se da una relación de las principales características de los termopares disponibles en el mercado.
- El termopar tipo B tiene una menor sensibilidad que el tipo E (10 veces), por lo cual se usa a altas temperaturas.
- El tipo S es el que tiene la mayor sensibilidad $81\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Genera 76 mV a 0°C .
- Existen termopares con grado comercial y Premium.



59

Termo Acopladores

TABLE 32.12 Characteristics of U.S. Letter-Designated Thermocouples

Type	Common name	Color code	M.P. ($^\circ\text{C}$)	Recommended range, ($^\circ\text{C}$) ^d	emf at 400°C , (mV)	Uncertainty, +/- Special tolerance Normal tolerance	ρ ($\mu\Omega\text{-cm}$)
B	—	Brown ^a	1810	870 to 1700	0.787	0.25%	34.4
BX	—	Gray ^a	—	—	—	0.50%	—
BP	Pt30Rh	Gray	1910	—	—	—	18.6
BN	Pt6Rh	Red	1810	—	—	—	15.8
E	—	Brown ^a	1270	-200 to 870	28.946	1.0 $^\circ\text{C}$ or 0.40%	127
EX	—	Purple ^a	—	—	—	1.7 $^\circ\text{C}$ or 0.50%	—
EP	Chromel ^b	Purple	1430	—	—	—	80
EN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46
J	—	Brown ^a	1270	0 to 760	21.848	1.1 $^\circ\text{C}$ or 0.40%	56
JX	—	White ^a	—	—	—	2.2 $^\circ\text{C}$ or 0.75%	—
JP	Iron	White	1536	—	—	—	10
JN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46
K	—	Brown ^a	1400	-200 to 1260	16.397	1.1 $^\circ\text{C}$ or 0.40%	112
KX	—	Yellow ^a	—	—	—	2.2 $^\circ\text{C}$ or 0.75%	—
KP	Chromel	Yellow	1430	—	—	—	80
KN	Alumel ^b	Red	1400	—	—	—	31

60

Termo Acopladores

R	—	Brown ^a	1769	0 to 1480	3.408	0.6°C or 0.10%	29
RX	—	Green ^a	—	—	—	1.5°C or 0.25%	—
RP	Pt13Rh	Green	1840	—	—	—	19
RN	Pt	Red	1769	—	—	—	10
S	—	Brown ^a	1769	0 to 1480	3.259	0.6°C or 0.10%	30
SX	—	Green ^a	—	—	—	1.5°C or 0.25%	—
SP	Pt10Rh	Green	1830	—	—	—	20
SN	Pt	Red	1769	—	—	—	10
T	—	Brown ^a	1083	-200 to 370	20.810	0.5°C or 0.40%	48
TX	—	Blue ^a	—	—	—	1.0°C or 0.75%	—
TP	Copper	Blue	1083	—	—	—	2
TN	Constantan	Red	1270	—	—	—	46

From References [1, 4, 9, 10]

^a Overall jacket color.

^b Chromel and Alumel are trademarks of Hoskins Mfg. Co.

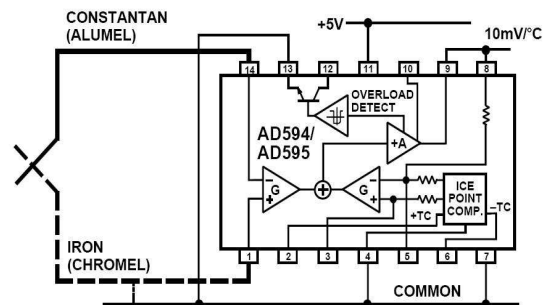
^c Initial tolerances are for material as manufactured and used within recommended temperature range, Table 32.15, protected in a benign environment.

^d Recommended temperature range is a guideline for service in compatible environments and for short durations.

61

Termo Acopladores

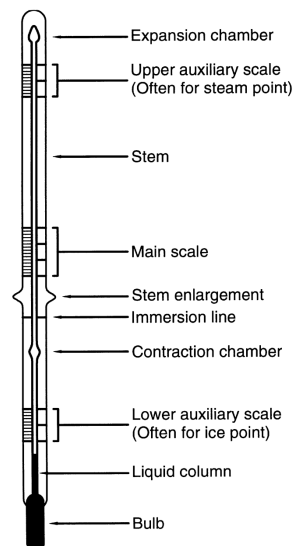
- Comercialmente existen CI que acondicionan el voltaje de salida de los termopares. El AD594 o AD595, acondiciona termopares tipo J y K respectivamente.
- En ambos casos el voltaje de salida es de 10mV/°C.



62

Termómetros líquidos

- Este tipo de termómetros se basa en un líquido contenido en un empaque de vidrio. Fueron los primeros que se usaron. Existen en el rango de -190°C a 600°C
- El mercurio es uno de los líquidos más usados, ya que proporcionan una precisión de 0.1°C . Las partes que lo conforman son:
 - El bulbo que es el contenedor de vidrio el cual mantiene en su interior el líquido. Su espesor es esencial para realizar una correcta medición
 - El tallo es el cuerpo de vidrio mantenido al vacío que permite la expansión del líquido por capilaridad
 - El líquido normalmente mercurio
 - Las marcas que dan la escala de temperatura



63

Termómetros líquidos

- La ecuación que describe la expansión del mercurio está dada por:
- donde V_0 = Volumen del mercurio a 0°C
- α y β = Coeficiente de expansión térmica del mercurio ($\alpha = 1.8 \times 10^{-4} / ^{\circ}\text{C}$ y $\beta = 5 \times 10^{-8} / ^{\circ}\text{C}^2$).
- Problemas de medición
 - Constante de temperatura
 - Capacidad térmica
 - Errores de inmersión

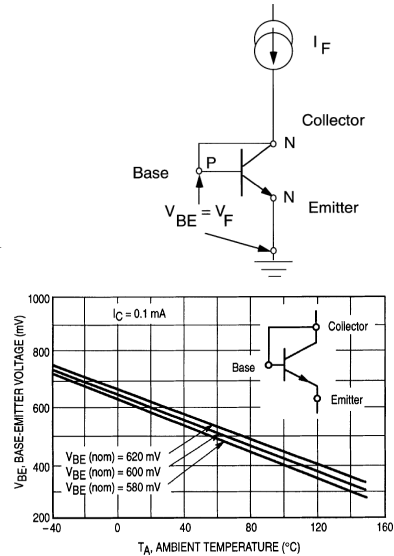
$$V = V_0(1 + \alpha t + \beta t^2)$$



64

Termómetros de Semicondutor

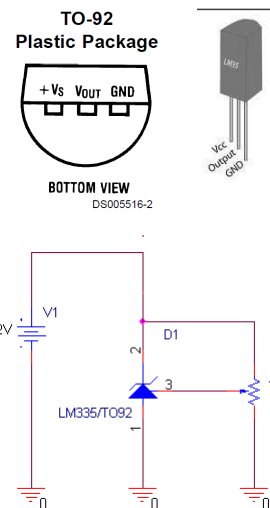
- La unión PN de un semiconductor tiene variaciones en función de la temperatura, que lo hacen de bajo costo
- y buena calidad.
- Rango típico de operación de -55°C a 150°C .
- Normalmente se usa un transistor al cual se le aplica una corriente constante en la base y el voltaje de base emisor (V_{be}) es función lineal de la temperatura
- Su coeficiente de temperatura es de $2\text{mV } ^{\circ}\text{C}^{-1}$
- El coeficiente de temperatura es mayor al RTD pero su rango es menor, además de que es más lineal



65

Termómetros de Semicondutor

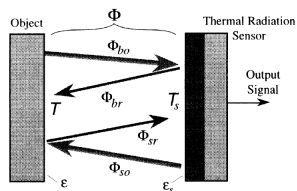
- Un sensor de temperatura integrado es el LM35
- Es de bajo costo \$45
- Esta calibrado directamente en grados Celsius.
- La tensión de salida es proporcional a la temperatura.
- Tiene una precisión garantizada de 0.5°C a 25°C .
- Opera entre 4 y 30 volts de alimentación.
- Baja impedancia de salida.
- Baja corriente de alimentación ($60\mu\text{A}$).
- Ecuación de salida: $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
- Otro sensor LM335 sensor de temperatura en $^{\circ}\text{K}$



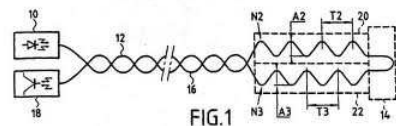
66

Otras Sensores de Temperatura

- Infrarrojo



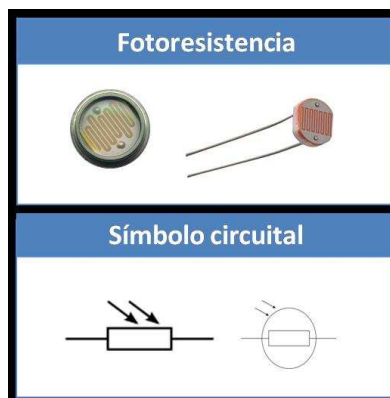
- Fibra óptica



67

Sensores de Luz

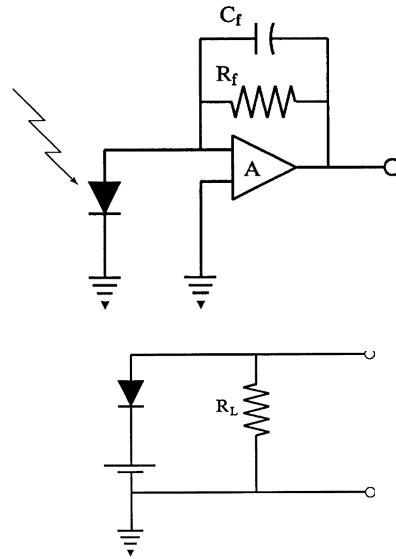
- La fotoconductividad se ha estudiado y observado desde 1873, cuando Smith descubrió que el resistores de Selenium depende de la iluminación
- Los dispositivos fotoconductores normalmente tienen 2 terminales, la la iluminación del dispositivo fotoconductor cambia su resistencia
- Los sensores de fotounión (fotodiodos y fototransistores) son dispositivos semiconductores que convierten el electrón generado por el efecto fotoeléctrico en una señal eléctrica detectable



68

Fotodiodo

- El fotodiodo se opera normalmente en polarización inversa
- Se usan en aplicaciones como sistemas de CD-ROM, control remoto, fax, sistemas de videovigilancia, sensores de proximidad, etc.
- Los materiales mas usados para la fabricació son: CdS, Se, GaAs, InGaAs, HgCdTe, y PbS



69

Dido Foto Emisor

- [Diodo Emisor Infrarrojo](#) Cod.artículo: IR333C
- MXN\$5.00
- Diodo emisor de luz (LED) infrarrojo, transparente (emisor para el Modelo PT331C), de 5 mm de diámetro,
- con longitud de onda de 940 nanometros, 1,3 Volts tipicos en polarizacion directa, 1,7 Volts máximos, 20 mW
- y ángulo transmisión de 27 grados.



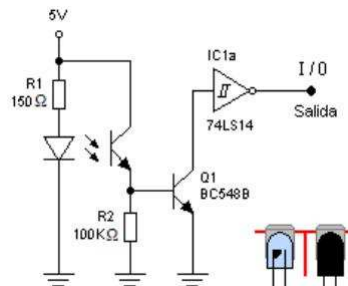
http://www.robodacta.mx/index.php?dispatch=products.view&product_id=3003

5

70

Infrarrojo

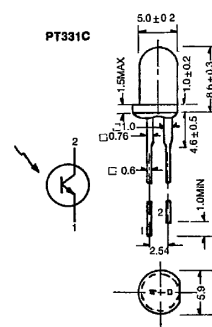
- Los fototransistores son dispositivos de foto unión similares a los transistores excepto que la señal amplificada es el par de carga generado por la entrada óptica
- Son hecho de silicio de tipo p o n
- Tiene menor ancho de banda que el foto diodo ya que el área del colector es muy grande.
- Los materiales usado son: GAN, SiC, y InI.



71

Foto Transistor PTC331C

- El fototransistor PT331C es de Silicio Nitrido de tipo NPN.
- voltaje máximo 30V
- Voltaje de ruptura de colector a emisor 5V
- Corriente de colector máximo 25mA

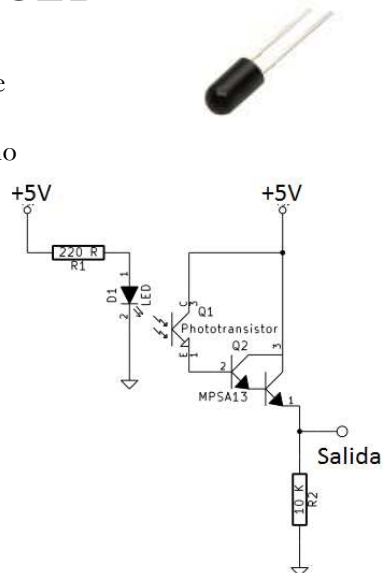
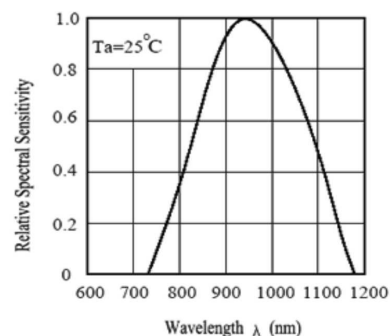


Cant.	Num. Parte Existencia	Descripción	Cantidades	Precio	#Pin	Encap.	Fab.	Arribo	C
	CNY74-4	OCTOACOPLADOR SALIDA FOTOTRANSISTOR	1-39	18.966	16	DIP	VIS		
	NTE3031	FOTOTRANSISTOR, NPN, SI VISIBLE-IR	1-2	136.207	0		NTE	1/28/2013	
	NTE3032	FOTOTRANSISTOR, NPN, SI VISIBLE-IR	1-2	124.138	0		NTE		
	NTE3034A	FOTOTRANSISTOR NPN-SI DETECTOR LUZ	1-4	42.241	0		NTE	2/5/2013	
	NTE3037	FOTOTRANSISTOR VISIBLE E INFRAR NPN	1-2	100.862	0		NTE		
	NTE3098	OPTOISLADOR-FOTOTRANSISTOR	1-4	28.448	0		NTE		
	NTE3120	FOTOTRANSISTOR NPN-SI 30MA/20V	1-4	32.753	0		NTE		
	NTE3221	OPTOISLADOR, FOTOTRANSISTOR X4	1-4	56.897	0		NTE		
	PT331C	FOTOTRANSISTOR	1-49	4.310	0	DOMO	OEM		
	PT333-6B	FOTOTRANSISTOR	1-9	4.310	0	DOMO	OEM		

72

Fototransistor PT1302B

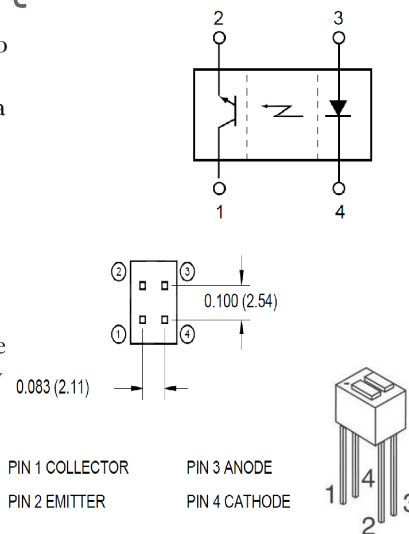
- Precio \$7.00
- Fototransistor de silicio de 5 mm de diámetro con filtro de luz de día.
- 7 Volts de colector a emisor máximo
- 5 μ s de tiempo de recuperación



73

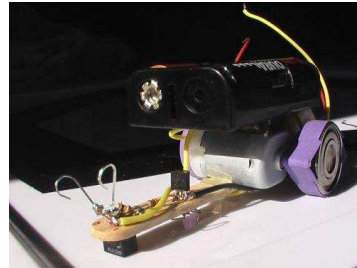
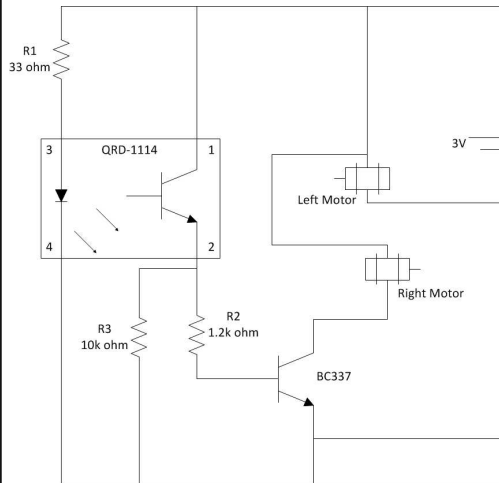
Sensor Reflectivo QRD1114

- El sensor QRD1114 utiliza un diodo emisor infrarrojo en combinación con un fototransistor infrarrojo para detectar las señales emitidas por el primero.
- Sirve para detectar transiciones Negro-Blanco (robots sigue-líneas) o para detectar objetos cercanos (0.5 a 1 cm).
- Cuando se encuentra un objeto, éste refleja la luz emitida por el emisor y es captada por el transistor, el cual se pone en saturación.
- Cuando no hay luz reflejada el transistor está en corte.



74

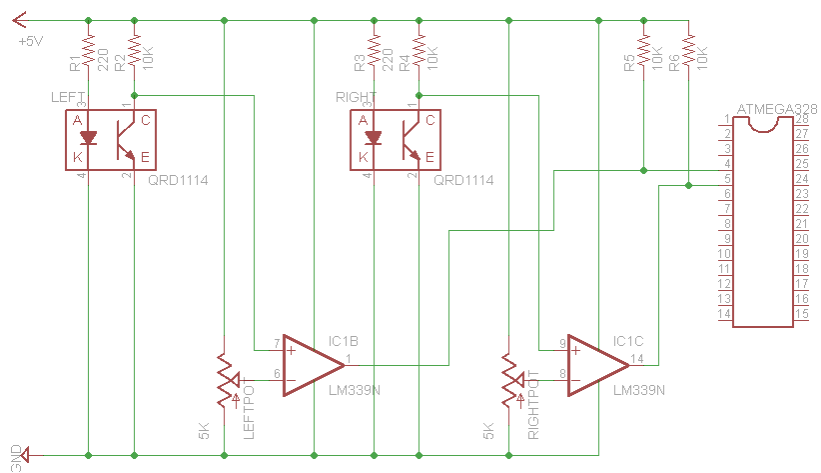
Aplicaciones del QRD1114



75

<http://letsmakerobots.com/node/28235?page=2>

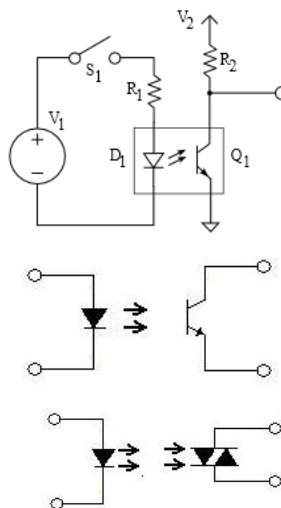
Conexión del QRD1114 a un μC



76

Optoacopladores

- Un **optoacoplador**, también llamado *optoaislador* o aislador acoplado ópticamente.
- Es un dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un **diódo LED** que satura un componente **optoelectrónico**, normalmente en forma de **fototransistor** o fototriac.
- Se combinan en un solo dispositivo semiconductor, un fotoemisor y un fotorreceptor cuya conexión entre ambos es óptica.
- Estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo **DIP**.
- Se suelen utilizar para aislar eléctricamente a dispositivos muy sensibles.



77

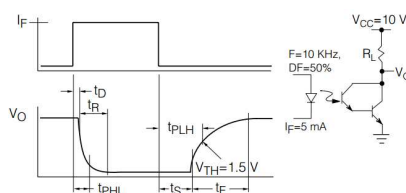
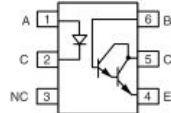
Listado de precios optoacopladores

Num. Parte	Existencia	Descripción	Cantidades	Precio
4N29	495	OPTOACOPLADOR SALIDA DARLINGTON	1-24	4.310
4N30	2001	OPTO DARLINGTON 30V	1-9	5.172
4N31	264	FOTOTRANS NPN DARLINGTON	1-24	9.433
4N32	827	OPTOACOPLADOR DARLINGTON	1-24	4.310
4N33	542	OPTOAISLADOR SALIDA DARLINGTON NPN	1-39	4.310
4N46	350	DARLINGTON-NPN-OUTPUT DC-INPUT OPTO	1-24	14.655
6N138	74	OPTOACOPLADOR NPN SALIDA DARLINGTON	1-24	13.793
6N139	84	OPTOACOPLADOR NPN SALIDA DARLINGTON	1-9	11.207
H11B1	68	OPTOACOPLADOR SALIDA DARLINGTON NPN	1-24	6.897
H11B3	79	OPTOACOPLADOR SALIDA DARLINGTON NPN	1-4	20.630

78

Aplicaciones

- El optoacoplador H11B esta hecho de un led infrarrojo de Asenuro de GAlío y un transistor fotodarlington de silicio
- Proporciona un voltaje de aislamiento de 5300Vrms
- Características máximas:
 - Voltaje inverso 3V
 - Corriente directa 60mA
 - Máxima potencia 100mW
 - Tiempo de encendido de 5us
 - Tiempo de apagado 30us
 - Vce de 30V



79

Transistores de Potencia

Cant.	Num. Parte	Existencia	Descripción	Cantidades	Precio	#Pin	Encap.	Fab. Arri
	2N6045G	248	T- 8A/100V	1-6	7.759	0	TO-220	ONS
	2N6055	113	T-NPN 8A/60V DARLINGTON	1-4	25.000	0	TO-3	ONS
	2N6384	59	T-NPN 10A/80V DARLINGTON	1-9	31.897	0	TO-3	NSC
	2N6385	165	T-NPN 10A/80V DARLINGTON	1-9	18.966	0	TO-3	OEM
	2N6387G	29	T- 10A/60V	1-9	12.069	0	TO-220	ONS
	2N6388	798	T-NPN 10A/80V DARLINGTON	1-24	9.483	0	TO-220	OEM
	2SD1031	7	T-NPN 6A/120V DARLINGTON	1-9	8.621	0	TO-220	XYZ
	2SD1044	86	T-NPN 6A/100V DARLINGTON	1-9	24.138	0	TO-3P	MAT
	2SD1197	10	T-NPN 10A/110V DARLINGTON	1-24	20.690	0	TO-3P	AGE
	2SD1308	20	NPN-DARL+D 150V 8A 40W	1-9	11.207	0	TO-220F	NEC

80

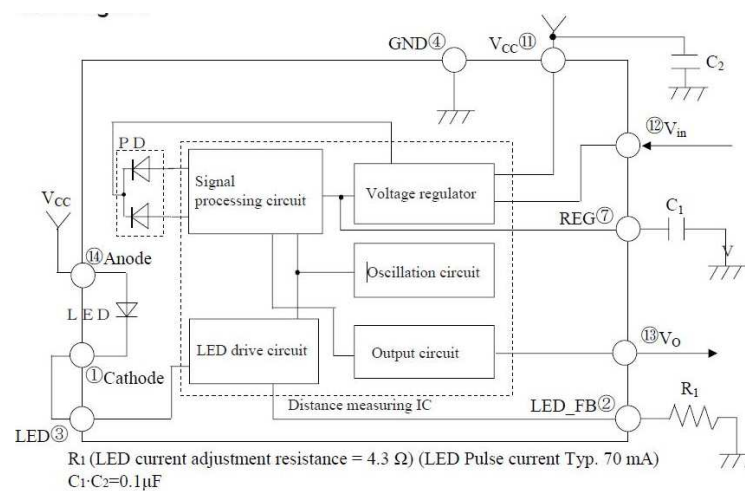
Detector de Objetos Infrarrojo

- Sensor de objetos Sharp GP2Y0D810Z0F montado en circuito impreso para facilitar su conexión.
- Este sensor indica si hay un objeto entre 2 y 10 cm (no indica la distancia del objeto).
- La tarjeta se conecta mediante tres conexiones GND(Tierra), Vin (2.7 a 6.2V), Vout (Salida).
- Pines para conexión incluidos
- Características:
 - Voltaje de operación: 2.7V to 6.2V
 - Consumo de corriente promedio: 5 mA (typical)
 - Rango de detección: 2 cm to 10 cm (0.8" to 4")
 - Salida : digital voltage
 - Tiempo de respuesta: 2.56 ms typical (3.77 ms max)
 - Dimensiones: 21.6 x 8.9 x 10.4 mm (0.85" x 0.35" x 0.41")
 - Peso: 1.3 g (0.05 oz)



81

Piro Eléctricos



82

Termómetros líquidos

83

Manométricos

84

Fibra óptica

85

Indicadores de temperatura

86

