



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**DESARROLLO DE PRÁCTICAS PARA EL LABORATORIO DE
INSTRUMENTACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

P R E S E N T A:

JONATHAN JACOBO CORNEJO CHAPARRO

ASESOR: M. EN I. HORACIO ALDO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ



Ciudad Nezahualcóyotl, Edo. De México, Septiembre de 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

SÍNODO DEL EXAMEN PROFESIONAL:

Presidente: Ing. Adrián Paredes Romero
Vocal: M. en I. Horacio Aldo Hernández Hernández
Secretario: Ing. Oscar Guadalupe Moreno Espinoza
Suplente: Ing. Fernando Xavier Vázquez Martínez
Suplente: Ing. Juan Manuel Hernández Contreras

Facultad de Estudios Superiores Aragón

Ingeniería Eléctrica Electrónica

Asesor de Tesis

M. en I. Horacio Aldo Hernández Hernández

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A mis padres como un testimonio de gratitud y eterno reconocimiento, por el apoyo que siempre me han brindado. Con todo mi cariño y respeto.

A mi familia por darme la motivación necesaria con su apoyo, su tiempo y su amor desinteresado.

A mis amigos por siempre tenderme la mano, por compartir lo más valioso que tienen, su tiempo y su corazón, sin esperar nada a cambio. A los cuales admiro por muchas razones, a cada uno en particular.

A todos los profesores y guías que he tenido, por brindarme sus conocimientos y su alegría por enseñar.

A mi profesión porque me ha permitido comprender de una mejor manera el funcionamiento del mundo y tener objetivos claros en la vida.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

Al Ing. Guillermo Sabas Cornejo Tapia porque gracias a sus palabras y consejos tuve la perseverancia para acabar con este proyecto.

Al M. en I. Horacio Aldo Hernández Hernández por ser tan paciente, compartir sus conocimientos, tener tanto amor por enseñar, todo el apoyo y consideraciones con este y otros proyectos.

Al Ing. Adrián Paredes Romero por el conocimiento compartido hacia esta investigación.

Al personal del Laboratorio de Electrónica por el apoyo con las instalaciones y equipo utilizado en el presente proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por creer en mí, en especial a la gente de la Facultad de Estudios Superiores Aragón por brindarme un espacio donde concretar mis estudios.

Y finalmente a los sinodales por sus acertadas observaciones.

Contenido

Resumen	1
Palabras clave:.....	1
Objetivo.....	1
Justificación	1
Introducción	2
Capítulo 1 Generalidades de la instrumentación de procesos industriales	3
1.1 Manufactura	3
1.2 Clasificación de los procesos.....	4
1.3 La instrumentación y la manufactura.....	6
1.4 Instrumentación Virtual.....	8
1.5 Instrumentos Virtuales.....	8
Capítulo 2 Marco Teórico.....	10
2.1 Electrónica	10
2.1.1 Componentes y clasificación	10
2.1.2 Sistemas de Medición	15
2.1.3 Acondicionamiento de Señal	19
2.2 Sistemas de control.....	20
2.2.1 Instrumentos y equipos para el Control y Automatización de Procesos	21
2.2.2 Variable controlada y señal de control o variable manipulada	22
2.2.3 Sistema de control a lazo abierto	22
2.2.4 Partes de un lazo abierto	22
2.2.5 Procesos	22
2.2.6 Sistemas	23
2.2.7 Perturbaciones	23
2.2.8 Control retroalimentado.....	23
2.2.9 Sistema de control a lazo cerrado	23
2.2.10 Sistemas de control en lazo abierto en comparación con sistemas en lazo cerrado ..	24
2.2.11 Automatización industrial.....	26
2.3 Dispositivos de uso común en este documento.....	26
Capítulo 3 Técnicas de Aprendizaje.....	28
3.1 Proceso pedagógico.....	29

3.2	Modelo Educativo	29
3.3	Metodos y tecnicas de enseñanza	29
3.3.1	Taxonomía de Bloom	31
3.4	Pedagogia en ingeniería	32
Capítulo 4	Desarrollo de practicas	34
4.1	Practica 1 Introducción al uso de NI-ELVIS	34
4.2	Práctica 2 Sistemas de medición.....	42
4.3	Práctica 3 Medición de temperatura mediante sensor piezorresistivo (termopar tipo J)	53
4.4	Práctica 4 Medición de esfuerzos mediante galgas extensiométricas	63
4.5	Práctica 5 Medición de velocidad angular con encoder	72
4.6	Práctica 6 Medición electrónica de presión.....	83
4.7	Práctica 7 Medición electrónica de presión.....	98
4.8	Práctica 8 Control neumático mediante PLC	111
	Conclusión y recomendaciones.....	124
	Conclusión.....	124
	Recomendaciones	124
	Anexos.....	125
	Referencias	131
	Tabla de imágenes.....	133

Resumen

El presente escrito que lleva por nombre "Desarrollo de Prácticas para laboratorio de Instrumentación de procesos industriales" consta de cuatro capítulos, en los cuales en primera instancia se introduce al lector a la instrumentación industrial, automatización, manufactura e instrumentación virtual, para después seguir con conceptos teóricos y explicación detallada de los instrumentos, adquisición de datos y tipos de control que se tomaron en cuenta para el desarrollo de las practicas propuestas. En el capítulo tres se describen técnicas de enseñanza y aprendizaje para que el lector tenga como apoyo la pedagogía en el momento de transmitir el conocimiento esto que le ayudara finalmente al leer el conjunto de ocho prácticas y desarrollarlas con los trabajos descritos para laboratorios.

Palabras clave: Intrumentacion virtual, Procesos industriales, Automatizacion, Adquision de datos

Objetivo

Desarrollar un cuadernillo de prácticas para la materia de instrumentación de procesos industriales de los laboratorios de electrónica, que pueda ayudar a los profesores a que los alumnos comprendan mejor los procesos industriales y los diferentes tipos de control que existen en la industria.

Justificacion

Ante la gran exigencia del medio laboral para con los alumnos recién egresados surge la motivación de desarrollar un texto que apoye al estudiante que desea seguir su carrera en el área de instrumentación de procesos industriales.

El presente proyecto tiene como objetivo introducir a los alumnos en los sistemas más comunes de instrumentación industrial a través de dispositivos de fácil acceso para un estudiante, tales como Arduino, sensores de temperatura, fuerza, velocidad, sensores neumáticos, etc. Todo esto apoyado por un laboratorio virtual.

El laboratorio virtual le permitirá al usuario tener acceso a los instrumentos de medición necesarios para poder entender mejor el funcionamiento de la instrumentación industrial.

La propouesta de estas practicas ayudara al docente a llevar una clase dinámica y de calidad para el alumno.

Introducción

Este trabajo es el resultado de la actualización del plan de estudios por lo que se realizó una investigación y una propuesta de un cuadernillo para prácticas en la Facultad de Estudios Superiores Aragón (FES Aragón) para el laboratorio de Instrumentación de procesos industriales, con el objetivo de implementarlas.

Para su análisis la tesis se divide en cuatro capítulos que describen a continuación con mínimo detalle las características de esta.

En el primer capítulo se desea proporcionar al lector información acerca de la importancia de la instrumentación para los procesos industriales en la manufactura y el impacto que ha causado la instrumentación virtual en esta.

Con la información necesaria para comprender un proceso de manufactura en el segundo capítulo abordamos definiciones teóricas e información referente a los dispositivos que consideramos son más utilizados en la industria, hasta conformar un instrumento de medición para aplicar un sistema de control de procesos industriales.

Cuando el lector está familiarizado con los temas de este escrito, el tercer capítulo explica aspectos pedagógicos para permitir que con las técnicas de enseñanza y aprendizaje el lector sea capaz de transmitir los conocimientos obtenidos a un educando, también por medio de la taxonomía Bloom asignan niveles de conocimiento a las practicas propuestas.

En el capítulo cuarto dado que contamos con la información teórica se desarrollan las prácticas para el laboratorio de instrumentación de procesos industriales, donde se abordan temas de sistemas de medición para: temperatura, fuerza, velocidad y presión. También se desarrolla por medio de software específico la simulación de un proceso neumático y posteriormente este proceso se lleva a cabo por medio de un PLC (control lógico programable) y pistones de cilindro neumáticos que forman parte de los equipos con los que cuenta la facultad.

Se incluye además un apartado llamado Anexos en el cual se encuentra información adicional que puede ser necesaria para una mejor comprensión de los dispositivos que se utilizaron para la realización de las prácticas.

Capítulo 1 Generalidades de la instrumentación de procesos industriales

Un proceso es comprendido como todo desarrollo sistemático que conlleva una serie de pasos ordenados u organizados, que se efectúan o suceden de forma alternativa o simultánea, los cuales se encuentran estrechamente relacionados entre sí y cuyo propósito es llegar a un resultado preciso.

Desde una perspectiva general se entiende que llevar a cabo un proceso implica una evolución en el estado del elemento sobre el que se está aplicando el mismo hasta que este desarrollo llega a su conclusión. De esta forma, un proceso industrial recibe el conjunto de operaciones diseñadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos primarios.

El propósito de un proceso industrial está basado en el aprovechamiento eficaz de los recursos naturales de forma tal que éstos se conviertan en materiales, herramientas y sustancias capaces de satisfacer las necesidades de los seres humanos y por consecuencia mejorar su calidad de vida.

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. Los procesos son muy variados y abarcan muchos tipos de productos: derivados del petróleo, alimenticios, cerámicos, papel, metales, textiles, etc.

En todos estos procesos, es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes, tales como la presión, el caudal, el nivel, la temperatura, el pH, la conductividad, la velocidad, la humedad, el punto de rocío, etc. Los instrumentos de medición y control permiten el mantenimiento y regulación de estas variables en las condiciones idóneas para que el operador pueda realizar su trabajo de manera eficaz.

En los inicios de la era industrial, la operación de los procesos se llevaba a cabo a través del control manual de las variables utilizando instrumentos simples, como: manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc. Este control era suficiente por la relativa simplicidad de los procesos. Sin embargo, la gradual complejidad con la cual se han ido desarrollando ha exigido la automatización progresiva por medio de instrumentos de medición y control cada vez más sofisticados.

Los procesos industriales por controlar pueden dividirse en dos categorías principales: procesos continuos y procesos discontinuos. En general, en ambos tipos deben mantenerse las variables a medir en un valor deseado fijo, en un valor variable con el tiempo de acuerdo con una relación predeterminada, o bien guardando una relación determinada con otra variable.

1.1 Manufactura

En un sentido general, la manufactura se define como el proceso de convertir materias primas en productos terminados.

Una concepción un poco más sencilla de manufactura es aquella que la asocia con la creación de valor, es decir un elemento que suele pasar por varios procesos, va adquiriendo valor en cada uno de ellos, es decir, los artículos manufacturados adquieren valor, por ejemplo, la madera tiene un valor

pequeño al obtenerse de los bosques, sin embargo, al convertirse en un mueble o una pieza meticulosamente tallada, estos procesos agregan valor a la madera.

Proceso industrial **integrado**

Centro de Operaciones de Pontevedra



Imagen 1.1 proceso de fabricación de la pasta de papel

(Bóveda, 2017)

1.2 Clasificación de los procesos

Para poder hacer una clasificación de los procesos de manufactura, debemos observar los elementos que se encuentran a nuestro alrededor y pensar en que tipo de proceso se utiliza para fabricarlo, ya que es muy probable que el elemento en su estado natural no se pueda utilizar directamente.

La producción en general comprende una extensa variedad de procesos de manufactura y es muy común encontrar más de un proceso de transformación capaz de lograr un mismo producto.

(López, 2016)

Por ejemplo: La tabla 1.1 esquematiza la organización de los procesos industriales en categorías.

	Categoría	Proceso
Procesos de Manufactura	Fabricación por conformación	Forja sin estampa, forja con estampa o estampación, extrusión, estirado, plegado, embutición
	Fabricación por formación	Fundición, sinterización o inyección
	Fabricación por arranque de material	Cizallado, aserrado, taladrado, fresado, torneado, rectificado, bruñido

Tabla 1.1 clasificación de procesos industriales

Los fundamentos en los que se apoya esta propuesta de clasificación se proponen en primera categoría de clasificación, con relación a la integridad del material original, básicamente a la pérdida de masa, o bien a su conformación en modo de deformación. Se presentan así, dos grupos principales; uno por la conformación y un segundo grupo, por la formación de toda la masa, forzada desde afuera con deformación mediante equipos.

En segunda categoría, en cuanto a la naturaleza de las fuerzas externas actuantes en el momento de la transformación del material base; esto es:

- Por maquinado.
- De conformación mecánica de acción deformante de tipo plástico (no reversible).
- La conformación forzada de polvos (sinterización).
- La conformación propiamente dicha por acción del calor sobre los estados o fases de los materiales para acondicionarse a nuevas formas.
- Entran aquí los materiales sintéticos o conocidos como plásticos, que también se adaptan a nuevas formas por acción del calor transmitido por temperaturas superiores.

A cada uno de los anteriores criterios y clases, corresponden diversos equipos, maquinarias y procedimientos.

En una clasificación paralela, los procesos complementarios se definen por criterios de utilidad relacionada con la dureza, calidad de superficies y presentación final del objeto.

(Guerrero, 2008)

1.3 La instrumentación y la manufactura

El desarrollo inició con dispositivos analógicos que eran montados directamente al proceso en cuestión. En esta fase eran necesarios muchos operadores para observar los instrumentos y maniobrar las válvulas. Los procesos y los instrumentos eran proyectados empíricamente basándose en la intuición y en la experiencia acumulada por el operario y no estaban centralizados con lo que se requería que el mismo se mantuviera en su puesto de trabajo.

La siguiente etapa fue la centralización de las funciones de medida y de control más importantes, pertenecientes a una operación del proceso en un panel localmente montado. De este modo podía observarse y controlarse el funcionamiento de cada elemento particular de la instalación de una manera más coordinada y eficaz. Para hacer esto posible, se desarrollaron instrumentos galvanométricos, termómetros con largos capilares y caudalímetros con largos tubos de conducción de la presión diferencial. Sin embargo, los procesos se hicieron más complejos y críticos y llegó a hacerse necesario que los operadores observaran el funcionamiento de varias unidades de la instalación simultáneamente. El desarrollo de los transmisores neumáticos permitió la centralización de las funciones de medida y de regulación de toda una unidad de proceso en una sala de control, utilizándose como receptores los instrumentos de control neumático que aparecieron hacia el año 1940. Estos instrumentos se perfeccionaron con un diseño modular hacia el año 1946 y se componían de válvulas de control semiautomático.

A medida que pasó el tiempo, estas salas de control requirieron más espacio, debido al incremento del número de procesos en una misma línea productiva y al tamaño de los instrumentos convencionales con lo cual surgió el desarrollo de la instrumentación neumática miniatura que apareció en el mercado hacia el año 1947, dotada ya con conmutación semiautomática, pero con el mismo alcance. A principios de los años 50 aparecen los primeros instrumentos electrónicos a válvulas. Más tarde se perfeccionaron los sistemas neumáticos con conmutación semiautomática, consiguiéndose el cambio en un solo paso, sin que se produzcan saltos en la señal de salida a la válvula y aparecen paralelamente los instrumentos electrónicos miniatura alrededor de los años 1960. El tamaño de estos instrumentos neumáticos y electrónicos es ya reducido, pero todavía experimentarían una normalización posterior.

Los complejos de múltiples procesos empezaron a utilizar salas de control separadas y la coordinación y la comunicación entre los operadores en estas salas de control comenzaron a plantear algunos problemas. Además, se introdujeron equipos de tratamiento de datos que requerían la disponibilidad de diversas señales de medida en un punto. Los paneles de alta densidad permitieron básicamente que un operador supervisase un gran complejo compuesto por muchos procesos. Los sistemas de instrumentación de alta densidad normalizaron sus dimensiones a 6 X 3" (150 X 75 mm) en indicadores y controladores y 6 X 6" (150 X 150 mm) en registradores, y tuvieron que satisfacer los siguientes requisitos básicos e importantes:

- Permitir que el operador asimile rápidamente la información.
- El operador tomará sus decisiones basadas en los datos obtenidos.
- Debe existir una eficiente ejecución y correcta toma de decisiones del usuario.

La primera característica la proporcionó el indicador de desviación, que facilita tres elementos de información:

- La existencia de una desviación.
- Si la desviación es positiva o negativa
- Cuál es la magnitud de la desviación.

La desviación se pone de manifiesto con dos índices de distintos colores, el de la variable de color rojo o naranja y el del punto de consigna de color verde. Una vez desarrollados los instrumentos miniatura neumáticos y electrónicos, los procesos se fueron haciendo poco a poco mucho más complejos y su optimización llegó a ser una necesidad.

En esta etapa es donde empezaron a utilizarse dispositivos más complejos como las computadoras. La primera computadora apareció hacia el año 1946, pero las verdaderas computadoras de proceso se desarrollaron en los años 1960-1965 y se aplicaron principalmente en centrales térmicas e industrias metalúrgicas, químicas y petroquímicas. Estos permitieron optimizar y controlar las operaciones de la planta obteniendo productos de calidad alta y constante con ahorros importantes en el proceso a largo plazo y un mejor retorno de la inversión.

(Tripod, 2019)

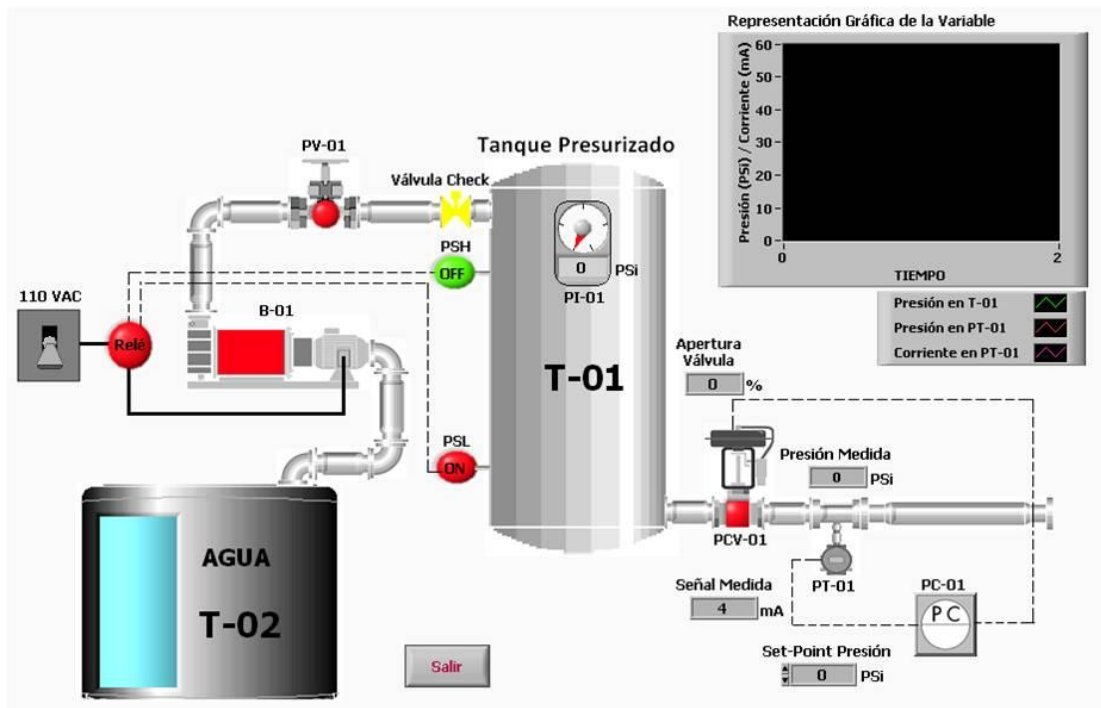


Imagen 1.2 ejemplo de simulación para un proceso que utiliza Instrumentos Virtuales.

1.4 Instrumentación Virtual

En las últimas décadas se han incrementado de manera considerable las aplicaciones que corren a través de redes debido al surgimiento de nuevas tecnologías que han modificado la forma de trabajo y producción en todos los sectores de la sociedad: industrial, educación, militar, salud, investigación, entre otras. En las ramas de la ingeniería y la ciencia, principalmente, la instrumentación virtual ha surgido como una herramienta muy importante para la adquisición de datos y el monitoreo remoto proporcionando grandes ventajas sobre la instrumentación tradicional.

1.5 Instrumentos Virtuales

Los instrumentos virtuales son instrumentos “reales” en el sentido de que son capaces de adquirir y procesar datos originados a partir de un fenómeno producido en el mundo físico. Estos instrumentos son “virtuales” en el sentido de que algunos aspectos de su operación, principalmente la visualización, son implementados por software.

Un instrumento virtual está constituido de una computadora o estación de trabajo equipada con diversos programas y drivers (software) y tarjetas de adquisición (hardware).

El instrumento virtual permite personalizar el instrumento real y agregarle más funcionalidad sin incurrir en costos adicionales, esto se debe a que la funcionalidad de éste se puede modificar directamente en la computadora. Es debido a esto que los instrumentos virtuales aprovechan inherentemente los beneficios de la última tecnología desarrollada en los softwares.

Estos avances en tecnología y rendimiento, que están cerrando rápidamente la brecha entre los instrumentos autónomos y las computadoras, incluyen procesadores y sistemas operativos de alta gama. Además de incorporar estas características, esas plataformas ofrecen un acceso sencillo a herramientas que son de gran ayuda como el Internet.

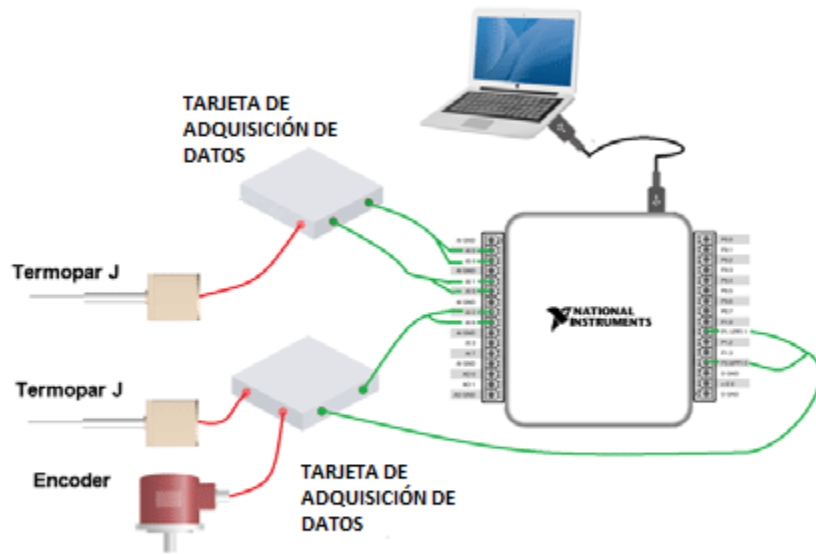


Imagen 1.3 Proceso autónomo que compara temperatura para regular la velocidad de un ventilador

(Moreno, 2006)

Capítulo 2 Marco Teórico

2.1 Electrónica

La electrónica es la ciencia que estudia y diseña dispositivos relacionados con el comportamiento de los electrones en la materia, se encarga del control de flujo de la corriente eléctrica bajo las siguientes condiciones:

- Trabaja con corriente continua.
- Las tensiones de trabajo son bajas.

Anteriormente existía una clara diferencia entre electricidad y electrónica. Mientras que en la primera son frecuentes tensiones de 127 Volts (electricidad doméstica) o 220 a 440 Volts (electricidad industrial), y en pocos casos inferiores a los 12 Volts, así como intensidades del orden o superiores al amper, en la electrónica se hablaba de tensiones máximas precisamente de 12 Volts, e intensidades típicas del orden de los miliampers, aunque en la actualidad la electrónica de potencia ha tomado gran campo en la industria, ya que se utilizan señales con voltajes inferiores para controlar las tensiones que se utilizan para los distintos procesos.

- Combina componentes muy variados, en especial, aquellos que son construidos con materiales semiconductores.
- Su tecnología es previa a la de los sistemas informáticos.

2.1.1 Componentes y clasificación

1. Resistencias
2. Capacitores
3. Bobinas
4. Diodos
5. Transistores

La electrónica se puede dividir en dos ramas fundamentales dependiendo de la forma de la señal eléctrica:

- Electrónica analógica
- Electrónica digital

2.1.1.1 Componentes electrónicos

Los dispositivos electrónicos son diversos componentes que se utilizan en circuitos electrónicos. Los principales son las resistencias, los condensadores, los diodos y los transistores, así como los elementos que resultan de la especialización de los anteriores, como tiristores, diacs o triacs.

El conocimiento de las principales características de los dispositivos electrónicos básicos permite entender el funcionamiento de los circuitos más complejos que forman, como los circuitos amplificadores y los osciladores, parte integrante de la mayoría de los dispositivos complejos relacionados con la electrónica analógica. De la misma manera, la mayoría de los dispositivos considerados, en sus versiones miniaturizadas, forman parte de los circuitos de la electrónica digital.

Entre los dispositivos electrónicos pueden distinguirse los de tipo activo, capaces en algún momento de suministrar energía al circuito como los amplificadores operacionales, y los de tipo pasivo, cuya única función es disipar energía como las resistencias.

2.1.1.2 Resistencias

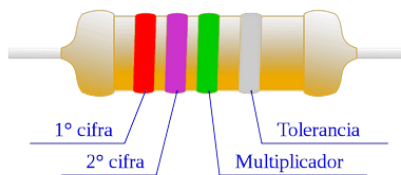


Imagen 2.1 identificación de una resistencia por código de colores

Las resistencias son dispositivos pasivos que tienen un comportamiento estrictamente óhmico, es decir, que obedece a la ley de Ohm. Por tanto, existe una proporcionalidad entre la tensión en sus extremos y la intensidad de la corriente que las atraviesa. Como para una tensión dada, la intensidad que atraviesa la resistencia disminuye cuando aumenta su valor, a veces se afirma de manera imprecisa, que "las resistencias se oponen al paso de la corriente eléctrica".

La potencia que se disipa, por efecto Joule, en una resistencia de valor R conectada a un voltaje (V) depende exclusivamente de la intensidad de la corriente (I) que circula. Cuando ésta es excesiva, no puede disiparse suficiente potencia y aumenta mucho la temperatura; como consecuencia, el elemento puede llegar a deteriorarse. Por este motivo, para cada resistencia existe una potencia máxima de trabajo condicionada por el valor máximo de la tensión a la que se puede conectar. De este modo, las resistencias especifican el valor máximo admisible de su tensión de trabajo.

2.1.1.3 Capacitores

Los capacitores son dispositivos que almacenan carga eléctrica. Están formados por dos placas conductoras, a veces denominadas armaduras, separadas por una capa de material dieléctrico que actúa como aislante. La característica física más importante de un capacitor es su capacidad (C), que en el sistema internacional de unidades se expresa en faradios ($F = \text{culomb/volt}$) y representa la razón de proporcionalidad entre la carga que es capaz de almacenar y la tensión que existe entre sus placas cuando está cargado.

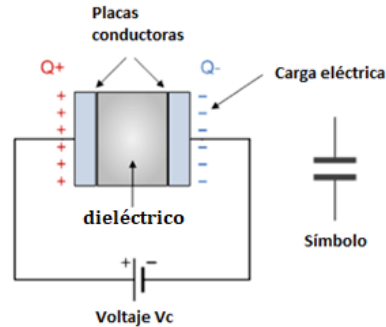


Imagen 2.2 representación de un capacitor y símbolo en un diagrama eléctrico

Es importante distinguir el comportamiento de los capacitores en los circuitos de corriente alterna y en corriente continua. Cuando se conecta un capacitor a un circuito de corriente continua y, por tanto, a una tensión fija entre sus placas, se carga hasta llegar a su nivel máximo de capacidad y mantiene la carga mientras se le suministra la tensión de entrada o tensión entre placas. Si la tensión se reduce por alguna circunstancia, disminuye también la carga eléctrica acumulada en las placas del capacitor, para lo cual éste genera una corriente eléctrica de descarga a través del circuito al que está conectado. Por tanto, en un circuito de tensión continua, el capacitor corta el paso de la corriente que lo atraviesa, y sólo aparecen corrientes transitorias de carga y descarga del mismo a través del circuito exterior. Este comportamiento permite, en corriente continua, el uso de capacitores como acumuladores de carga eléctrica, muy útiles una vez se desconecta el generador.

En un circuito de corriente alterna el capacitor se ve sometido exteriormente a cargas y descargas de corriente, que llegan a ser muy elevadas, y en el lapso correspondiente a la constante de tiempo pueden haberse realizado muchos de estos ciclos. En la práctica, el efecto del capacitor en el circuito es provocar un desfase entre la intensidad de corriente que circula por el mismo y la tensión entre sus placas, desfase que es exactamente de un cuarto de período. Cuando la tensión entre los extremos del capacitor es mínima, la intensidad alterna que lo atraviesa es máxima, y viceversa.

2.1.1.4 Bobinas

Las bobinas o solenoides son arrollamientos en hélice de un hilo conductor, que tienen la propiedad de presentar apreciables fenómenos de inducción electromagnética cuando circulan corrientes eléctricas variables con el tiempo. Estos efectos se pueden reforzar introduciendo en el hueco interior de la bobina una barra de material ferromagnético.

Cada bobina se caracteriza por su coeficiente de autoinducción (L), que en el sistema internacional de unidades se expresa en Henrys. Otras características de la bobina son su número de vueltas por unidad de longitud y la tensión máxima a la que se pueden conectar.

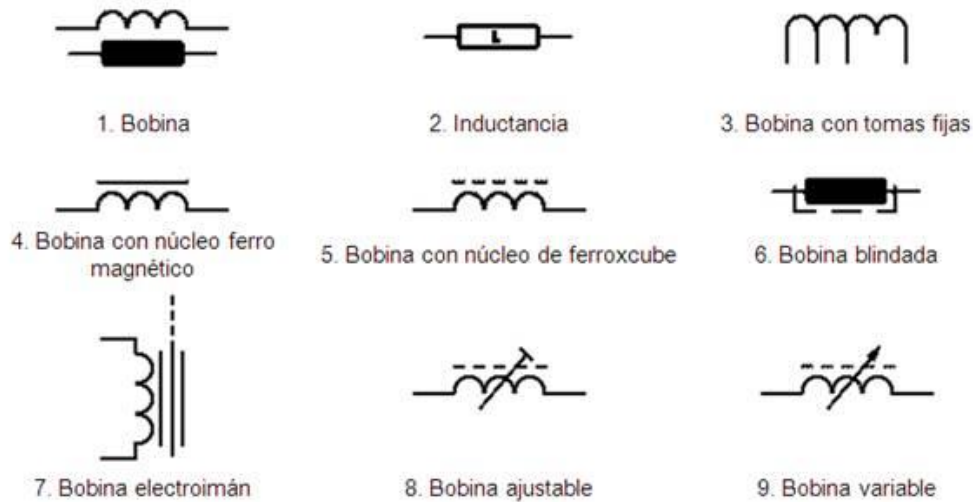


Imagen 2.3 diferentes simbolos para representar a una bobina y sus variantes

Conectada a un circuito de corriente continua, una bobina no produce ningún efecto especial, salvo el debido a la resistencia de sus hilos. Sólo se manifiesta su presencia en las corrientes transitorias de cierre y apertura del circuito, que aumentan de valor debido a la fuerza electromotriz inducida en la bobina. En cambio, en los circuitos de corriente alterna, si se desprecia el efecto óhmico de sus hilos, las bobinas introducen un desfase de un cuarto de período entre la tensión aplicada entre sus extremos y la intensidad que la atraviesa, de modo tal que la intensidad aparece retrasada respecto de la tensión. Este efecto es exactamente el contrario del que produce un condensador en la misma situación.

2.1.1.5 Diodos

Aunque históricamente los primeros diodos fueron lámparas de vacío en las que se aprovechaba el efecto termoeléctrico para obtener corrientes unidireccionales, en los circuitos electrónicos se consideran siempre los diodos como dispositivos fabricados con materiales sólidos semiconductores, que sólo dejan pasar corriente en un sentido. La mayoría de los diodos semiconductores están fabricados por una unión entre dos piezas de materiales semiconductores extrínsecos, uno de ellos de tipo P y el otro de tipo N. La unión entre ellos sólo permite la circulación de electrones desde la parte N hacia la parte P, por lo que la corriente, de acuerdo con el convenio de sentidos habitual, sólo puede circular por la unión desde la parte P hacia la parte N. En una situación ideal se podría decir que la unión P-N ofrece resistencia infinita al paso de la corriente en el sentido N-P y resistencia pequeña al paso de la corriente en el sentido P-N.

En la práctica no es exactamente así; por tanto, hay que tener la precaución de no someter a los diodos a tensiones muy elevadas, pues podrían deteriorar la unión. Las características de funcionamiento de los diodos se especifican mediante su curva característica, que es un gráfico intensidad-tensión que presenta valores de la intensidad prácticamente nulos en el intervalo de tensiones correspondiente a la polarización inversa del diodo.

Las características técnicas de los diodos los hace útiles en gran cantidad de circuitos, por ejemplo, en los destinados a la rectificación de señales alternas. La corriente alterna va cambiando de sentido unas cincuenta veces por segundo y el diodo sólo deja pasar corriente en la mitad del ciclo que corresponde a la polaridad correcta; de esta forma se obtiene una señal en un solo sentido, que si no es una corriente estrictamente continua, permite el uso de capacitores electrolíticos al no presentar en ningún instante polarización inversa.

2.1.1.6 Tipos especiales de diodos

Algunos diodos presentan, además del comportamiento general descrito, otras propiedades específicas. Por ejemplo los diodos LED (emisores de luz) emiten luz al paso de corriente en sentido directo, debido a cambios en el estado energético de los electrones, que desprenden energía en forma de fotones de luz visible.

Los fotodiodos son un tipo específico de diodos que, si se usan en unas mismas condiciones de iluminación, no presentan ninguna característica destacable. En cambio, cuando se aumenta bruscamente la iluminación a que están sometidos, disminuye su resistencia en el sentido directo de paso de corriente.

Los diodos Zener tienen gran utilidad en los dispositivos estabilizadores de tensión, que protegen a los aparatos eléctricos de las perturbaciones de la señal. El comportamiento del diodo Zener queda evidenciado en su curva característica: aunque varíe la intensidad que lo atraviesa, la tensión entre sus extremos se mantiene prácticamente constante.

2.1.1.7 Transistores

Los transistores son dispositivos formados por dos uniones de semiconductores que, en función de su polarización, conducen o no la corriente y amplían la señal de salida respecto a la de entrada. La estructura de un transistor está formada por tres cristales, en general de silicio o de germanio, debidamente impurificados o dopados para dar lugar a semiconductores extrínsecos de tipos P y N, cuyo contacto genera las dos uniones propias de este dispositivo. Si el cristal central es de tipo N, el transistor es de tipo PNP, y si por el contrario, el cristal central es de tipo P, el transistor es de tipo NPN.

La conexión de un transistor a los circuitos se realiza mediante tres pines denominadas base, emisor y colector, nombre que también se da al cristal semiconductor al que están unidas. Normalmente, uno de los pines del transistor se conecta a la entrada del circuito, y la otra a la salida, y según sea el pin restante, se denomina al transistor de emisor común, de base común o de colector común. El funcionamiento básico del transistor consiste en aplicar una tensión entre emisor y colector, y una corriente suficiente en la base para que circule corriente entre el colector y el emisor.

El valor de la corriente en la base es del orden de los microamperios, y la que circula entre el colector y el emisor es del orden de los miliampers. La relación entre la corriente de la base y la que circula entre el colector y el emisor se llama valor de ganancia del transistor y es su característica principal.

Para describir de manera completa el funcionamiento y las características de un transistor se usan diversas curvas características como las que relacionan las tensiones entre pares de pines, las que relacionan alguna de las tensiones con cualquiera de las intensidades, o las que hacen corresponder

la intensidad del colector en función de la corriente de la base. Además de aplicarse a la amplificación de señales, los transistores tienen dos usos muy diferenciados y de gran importancia tecnológica.

- Son el dispositivo esencial de los circuitos osciladores, que son capaces de generar señales alternas a partir del consumo de energía eléctrica procedente de la corriente continua.
- Es posible usarlos como elementos que responden a una entrada binaria (tensión por encima o por debajo de un cierto valor) con una salida también binaria, en forma de tensión o de intensidad.

Esta última propiedad hace al transistor el elemento fundamental de los circuitos electrónicos, en particular de los propios de la tecnología digital, que son la base del funcionamiento de las computadoras. Las múltiples aplicaciones del transistor han provocado su desarrollo y evolución hacia otros dispositivos más específicos como los tiristores, diacs y triacs.

(Planeta Saber Gran enciclopedia planeta , 2017)

2.1.2 Sistemas de Medición

Una parte fundamental de muchos sistemas físicos es el sistema de medición, compuesto de las tres partes básicas (sensor – acondicionador de señal – medio de presentación visual)

Se denomina sistema a la combinación de dos o más elementos, subconjuntos y partes necesarias para realizar una o varias funciones. En los sistemas de medida, esta función es la asignación objetiva y empírica de un número a una propiedad o cualidad de un objeto o evento, de tal forma que la describa. Es decir, el resultado de la medida debe ser: independiente del observador (objetiva), basada en la experimentación (empírica), y de tal forma que exista una correspondencia entre las relaciones numéricas y las relaciones entre las propiedades descritas.

(MarcadorDePosición1)

Un sistema de medición se podría considerar una caja negra que se utiliza para medir. Su entrada es la magnitud que se desea medir y su salida es el valor correspondiente a dicha magnitud.

En general, puede decirse que los sistemas de medición están formados por cinco elementos.

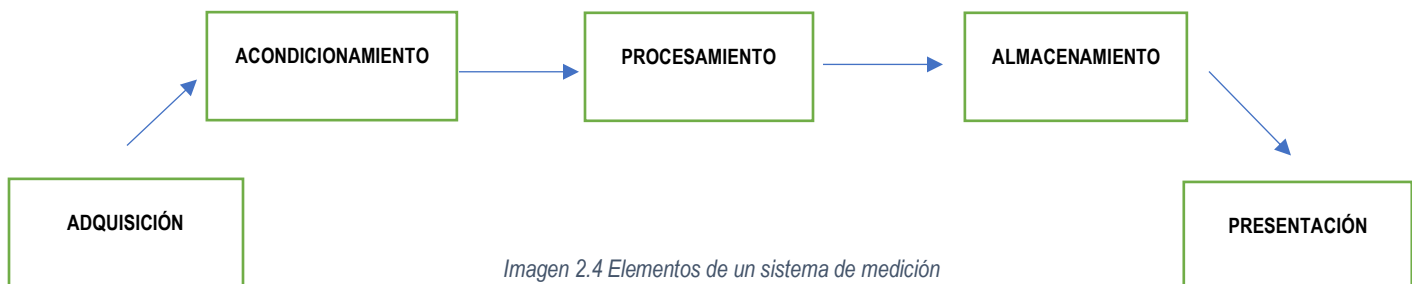


Imagen 2.4 Elementos de un sistema de medición

2.1.2.1 Transductor

Es el elemento que se encuentra en contacto directo con la magnitud que se va a evaluar al interactuar con estas sufre cambios en sus propiedades. Por ejemplo: la magnitud física puede ser la temperatura y la propiedad alterada puede ser la resistencia eléctrica que varía proporcionalmente a la variable medida.

2.1.2.2 Sensor

Un sensor es un elemento en un sistema físico o de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una señal que puede procesar el sistema.

Un sensor es un dispositivo que está diseñado para recibir información de una magnitud física y transformarla en una señal eléctrica que por medio de algún proceso seamos capaces de manipular y poder cuantificar.

Al elemento activo de un sensor se le conoce comúnmente como transductor. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas tales como posición, distancia, fuerza, deformación, temperatura, vibración y aceleración.

2.1.2.3 Tipos de Sensores

Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar:

Variable Física	Tipos de Sensor
Posición	resistivo, magnético, efecto Hall
Velocidad	efecto Hall, encoder, potenciómetros
Aceleración	piezoeléctricos, piezorresistivos, capacitivos
Fuerza, Peso	celdas de carga, galgas
Presión	inductivo, capacitivo, piezoeléctrico, galga, óptico
Caudal	electromecánicos, magnéticos, ultrasónicos
Nivel	potenciómetros, capacitivos, térmicos, ópticos

Tabla 2.1 Muestra de sensores que existen según la variable física a medir

2.1.2.4 Sensores piezoeléctricos

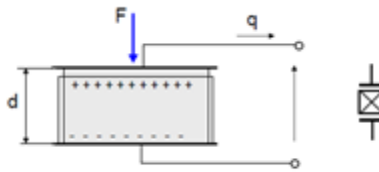


Imagen 2.5 imagen de un sensor piezoeléctrico y su símbolo

El efecto piezoeléctrico fue descubierto por Jacques y Pierre Curie en 1880 en los cristales de cuarzo. Este fenómeno se produce en determinados sistemas cristalinos y consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo. Es un efecto reversible de modo que, al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación.

Además del cristal de cuarzo, existen otras sustancias naturales que poseen comportamientos similares tales como la turmalina o la sal de Rochelle. Estas sustancias tienen una gran estabilidad tanto ante el cambio en las condiciones medioambientales como en el transcurso del tiempo, pero las señales que son capaces de producir resultan muy débiles.

Como materiales sintéticos se tiene el titanato de bario o el titanato-circonato de plomo (PZT) que, si bien no tienen tanta estabilidad como las sustancias naturales, presenta un nivel mucho más alto de señal de salida. Los materiales sintéticos producen el efecto piezoeléctrico gracias a las cualidades de su estructura y a la distribución de sus cargas eléctricas que suele conseguir después de un tratamiento.

2.1.2.5 Sensores resistivos

Los sensores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son probablemente los más abundantes. Esto se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica en un material.

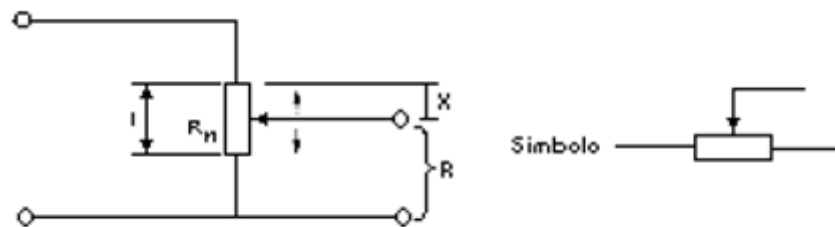


Imagen 2.6 potenciómetro ideal y su símbolo

2.1.2.6 Sensores de Contacto

Se emplean para detectar el final del recorrido o la posición límite de componentes mecánicos. Por ejemplo: saber cuándo una puerta o una ventana que se abren automáticamente están ya completamente abiertas y por lo tanto el motor que las acciona debe pararse.

Los principales son los llamados fines de carrera (o finales de carrera). Se trata de un interruptor que consta de una pequeña pieza móvil dependiendo de su posición se consideran normalmente abierto (NA) y normalmente cerrado (NC).

2.1.2.7 Sensores ópticos

Detectan la presencia de una persona o de un objeto que interrumpen el haz de luz que le llega al sensor.

Los principales sensores ópticos son las fotorresistencias, las LDR (Light Dependent Resistor).

Recordemos que se trataba de resistencias cuyo valor disminuía con la luz, de forma que cuando reciben un haz de luz permiten el paso de la corriente eléctrica por el circuito de control. Cuando una persona o un obstáculo interrumpen el paso de la luz, la LDR aumenta su resistencia e interrumpe el paso de corriente por el circuito de control

2.1.2.8 Sensores de Temperatura

Los termistores son los principales sensores de temperatura.

Se trata de resistencias cuyo valor asciende con la temperatura (termistor PTC) o bien disminuye con la temperatura (termistor NTC).

Por lo tanto, depende de la temperatura que el termistor permita o no el paso de la corriente por el circuito de control del sistema.

2.1.2.9 Sensores de Humedad

Se basan en que el agua no es un material aislante como el aire, sino que tiene una conductividad eléctrica.

Por lo tanto, un par de cables eléctricos desnudos (sin cinta aislante recubriéndolos) van a conducir una pequeña cantidad de corriente si el ambiente es húmedo; si colocamos un transistor en zona activa que amplifique esta corriente tenemos un detector de humedad.

2.1.2.10 Sensores Magnéticos

Detecta los campos magnéticos que provocan los imanes o las corrientes eléctricas. El principal es el llamado interruptor Reed; consiste en un par de láminas metálicas de materiales ferromagnéticos metidas en el interior de una cápsula que se atraen en presencia de un campo magnético, cerrando el circuito.

2.1.2.11 Sensores Infrarrojos

Existe una franja de ondas electromagnéticas cuya frecuencia es muy baja para que nuestros ojos la detecten; son los infrarrojos.

Existen diodos capaces de emitir luz infrarroja y transistores sensibles a este tipo de ondas y que por lo tanto detectan las emisiones de los diodos. Esta es la base del funcionamiento de los mandos a distancia; el mando contiene diodos que emiten infrarrojos que son recibidos por los fototransistores del receptor.

(Peña, 2015)

2.1.3 Acondicionamiento de Señal

La señal de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal puede ser, por ejemplo; demasiado pequeña por lo que es necesario amplificarla puede llegar a tener interferencias que se tienen que eliminar, puede ser una señal no lineal, ser una señal analógica y requerir una señal digital o al contrario (digital - analógica) etc. A todo este tipo de procedimientos se les llama por lo general "Acondicionamiento de Señal".

Es por estas razones que se pueden clasificar en dos clases principales: analógicos y digitales.

2.1.3.1 Sistemas Analógicos

Los sistemas analógicos reciben las señales como una función continua. Las señales analógicas son producto de la conversión de una forma de onda física en una señal eléctrica.

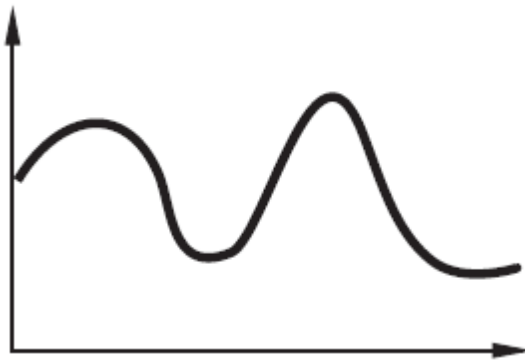


Imagen 2.7 Señal analógica

Los circuitos electrónicos más antiguos son analógicos, la información que transportan reproduce la información codificada en modo de voltajes, frecuencias e intensidades.

2.1.3.2 Sistemas Digitales

Los sistemas digitales manejan la información en forma todo o nada. Una cantidad digital puede consistir en un número de pulsos discretos y discontinuos cuya relación de tiempo contiene información referente a la magnitud o naturaleza de la cantidad. La información se transfiere mediante trenes de pulsos que representan números binarios. Las posibilidades son 0 y 1, y denotan dos estados posibles. 1 - (si o encendido), 0 - (no ó apagado), en un circuito eléctrico referente al paso de corriente 1 sería abierto y 0 cerrado.

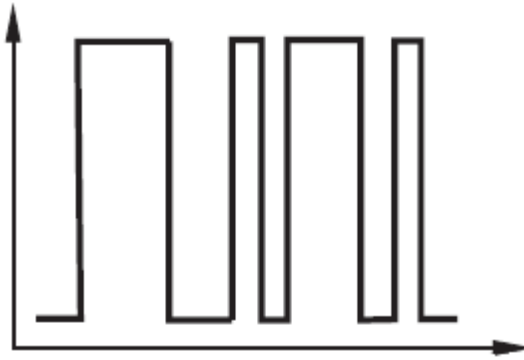


Imagen 2.8 señal digital

Las señales de cualquier circuito o comunicación electrónica son susceptibles de ser variadas de forma no deseada de diversas maneras mediante el ruido, lo que ocurre siempre en mayor o menor medida.

Estos procesos se pueden presentar en el acondicionamiento de una señal para su mejor procesamiento.

Protección para evitar el daño al siguiente elemento

Convertir la señal en el tipo de señal adecuada

Obtener un nivel adecuado de la señal. (En muchos casos es necesario amplificar la señal para su correcta lectura)

Eliminación o reducción de ruido (filtros)

Manipulación de la señal. (Por ejemplo, convertir una señal variable en una señal lineal)

2.1.3.3 Procesamiento de datos

Es la técnica que consiste en la recolección de los datos primarios de entrada, que son evaluados y ordenados, para obtener información útil, que luego serán analizados por el usuario final, para que pueda tomar las decisiones o realizar las acciones que estime conveniente.

2.2 Sistemas de control

El sistema de control exige que para comparar y rectificar una señal cumpla lo siguiente: que se incluya una unidad de medida, una unidad de control, un elemento final de control y el propio proceso. Este conjunto de unidades forma un bucle o lazo que recibe el nombre de lazo de control. Este tipo de lazo puede ser de lazo abierto o de lazo cerrado.

2.2.1 Instrumentos y equipos para el Control y Automatización de Procesos

La medición y el control de procesos son fundamentales para generar los mejores resultados posibles para la utilización de recursos, maquinas, rentabilidad, protección del medio ambiente, seguridad, entre otros, en una línea de producción.

La instrumentación industrial es el conjunto de equipo y dispositivos que sirven a los técnicos e ingenieros para medir, convertir y registrar variables de un proceso e interpretarlas, transmitir las y controlarlas con fines específicos.

Los aparatos de medición y control de procesos industriales suelen medir magnitudes físicas ya sean de tensión, presión, fuerza, flujo o nivel, velocidad, peso, humedad, etc.

Con la instrumentación se pueden formar estructuras complejas para medir, controlar y monitorear todos los elementos de un sistema industrial con gran exactitud, además de automatizar tales procesos y a la vez garantizar la repetibilidad de lo medido y los resultados.

Industrialmente los instrumentos se utilizan para monitorear y controlar variables de procesos, dependiendo del proceso se lleva a cabo la selección de los dispositivos de este. Los procesos pueden ser físicos o conversión de energía. Existen distintos tipos de perturbaciones que afectan las condiciones del proceso. Estas perturbaciones crean la necesidad de monitorear y controlar los procesos.

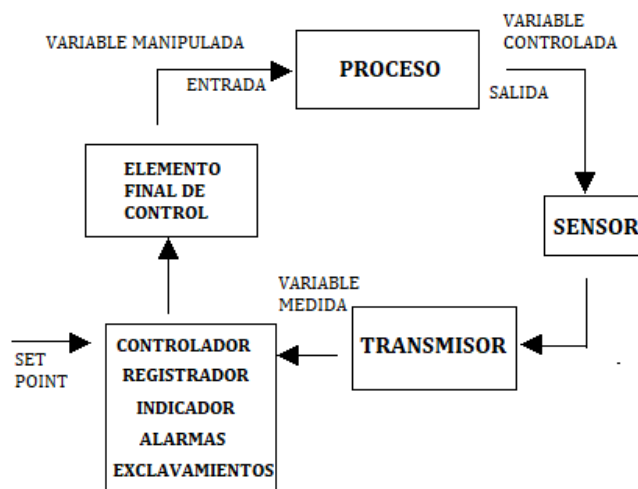


Imagen 2.9 sistema de control retroalimentado

La variable controlada, es el parámetro que se desea controlar hasta el valor deseado. El sensor mide el valor de la variable controlada y por medio del acondicionamiento de la señal se cambia este valor en una señal normalizada que puede ser leída o procesada con facilidad. Esta señal es recibida por distintos componentes, dependiendo de la función de los instrumentos en el sistema tales como registro, indicación, control y activación de alarmas o enclavamiento.

(Villajulca, 2017)

El control automático ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. El control automático se ha convertido en una parte importante e integral en los sistemas de vehículos espaciales, en los sistemas robóticos, en los procesos modernos de fabricación y en cualquier operación industrial que requiera el control de temperatura, presión, humedad, flujo, etc. Es deseable que la mayoría de los ingenieros y científicos estén familiarizados con la teoría y práctica del control automático.

Antes de analizar los sistemas de control para los procesos industriales, deben definirse ciertos términos básicos.

2.2.2 Variable controlada y señal de control o variable manipulada

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La señal de control o variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Normalmente la variable controlada es la salida del sistema.

2.2.3 Sistema de control a lazo abierto

Un sistema de control de lazo abierto se caracteriza por que no recibe ninguna información o retroalimentación sobre el estado de la variable, por lo regular estos se utilizan cuando la variable es predecible y tiene un amplio margen de error, ya que se puede calcular el tiempo o las veces que se debe de repetir el ciclo para completar el proceso.

2.2.4 Partes de un lazo abierto

Existen elementos básicos que conforman un sistema de control de lazo abierto:

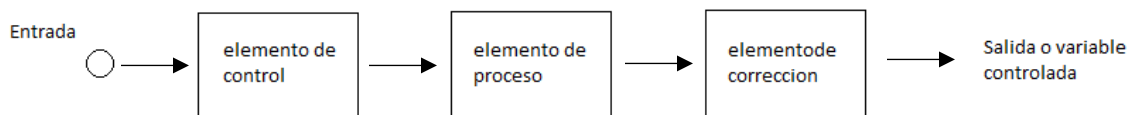


Imagen 2.10 Diagrama de un sistema de control a Lazo abierto

2.2.5 Procesos

Es una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden unos a otros de una manera relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinados; o una operación artificial o voluntaria que se hace de una forma progresiva y que consta de una serie de acciones o movimientos controlados, sistemáticamente dirigidos hacia un resultado o propósito determinado.

2.2.6 Sistemas

Un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado. Un sistema no está necesariamente limitado a los sistemas físicos. El concepto de sistema se puede aplicar a fenómenos abstractos y dinámicos, como los que se encuentran en la economía.

2.2.7 Perturbaciones

Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa se genera fuera del sistema y es considerada una entrada.

2.2.8 Control retroalimentado

El control retroalimentado se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia, y lo realiza tomando en cuenta esta diferencia. Aquí solo se especifican con este término las perturbaciones impredecibles, ya que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre pueden compensarse dentro del sistema.

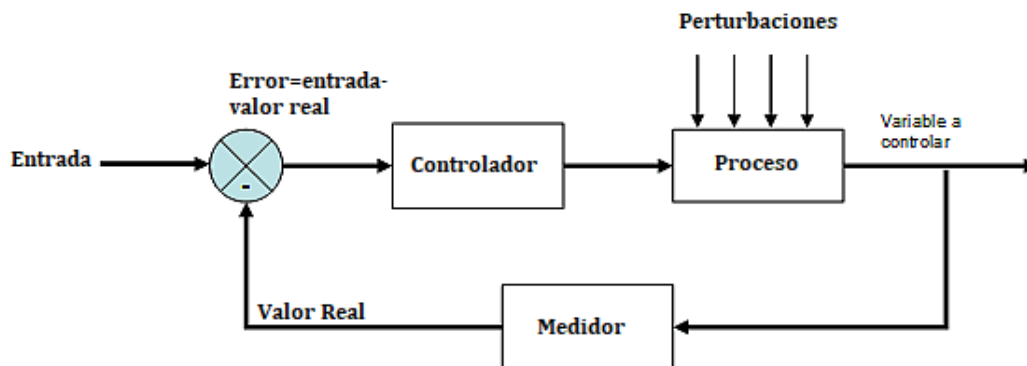


Imagen 2.11 Diagrama Sistema Retroalimentado

(Ogata, 2010)

2.2.9 Sistema de control a lazo cerrado

Un sistema de control de lazo cerrado es un conjunto de elementos que forman una configuración denominada sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlarse o regularse por sí mismo.

En el sistema de control a lazo cerrado, el controlador se alimenta de la señal de error de desempeño, la cual representa la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término lazo cerrado siempre indica una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.

Una de las ventajas importantes que presenta este tipo de sistemas de control es que se hace insensible a las perturbaciones y mantiene su exactitud; de la comparación de la señal realimentada y la señal deseada resulta la señal de error, la que es minimizada con la acción del control. Sus principios son aplicables en sistemas que presentan perturbaciones o variaciones imprevisibles en los componentes del sistema.

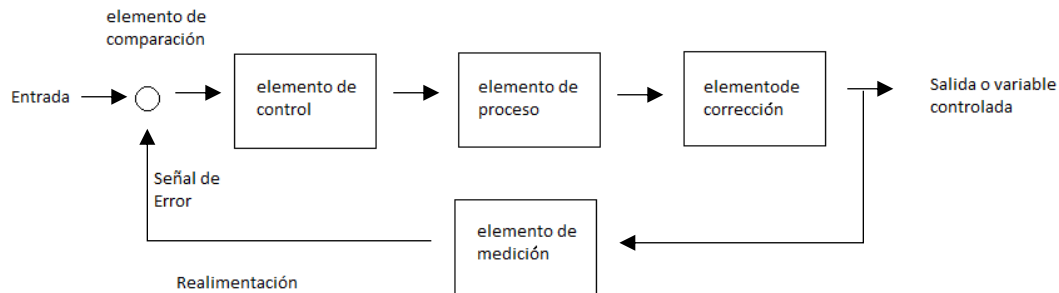


Imagen 2.12 Diagrama de un Sistema de control Lazo cerrado

2.2.10 Sistemas de control en lazo abierto en comparación con sistemas en lazo cerrado

Una ventaja del sistema de control en lazo cerrado es que el uso de la realimentación vuelve la respuesta del sistema relativamente insensible a las perturbaciones externas y a las variaciones internas en los parámetros del sistema. Es así posible usar componentes relativamente poco precisos y baratos para obtener el control adecuado para un dispositivo específico, mientras que hacer eso es imposible en el caso de un sistema de lazo abierto.

Desde el punto de vista de estabilidad, el sistema de control en lazo abierto es más fácil de desarrollar, por que la estabilidad del sistema no es un problema importante. Por otra parte, la estabilidad es un gran problema en el sistema de control en lazo cerrado, que puede conducir a corregir en exceso errores que producen oscilaciones de amplitud constante o cambiante.

Debe señalarse que, para los sistemas en los que se conocen con anticipación las entradas y en los cuales no hay perturbaciones, es aconsejable emplear un lazo abierto. Los sistemas de control en lazo cerrado solo tienen ventajas cuando se presentan perturbaciones y/o variaciones impredecibles en los componentes del sistema.

2.2.10.1 Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable (“PLC” *Programmable Logic Controller*) se define como un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar

acabo funciones lógicas, de configuración de frecuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos.

Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que su programación básicamente tiene que ver con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación.

Los dispositivos de entrada y los dispositivos de salida, que están bajo control, se conectan a un PLC de esta manera el controlador monitorea las entradas y salidas, de acuerdo con el programa diseñado por el operador para el PLC y que se conserva en la memoria para controlar maquinaria y procesos industriales.

Los PLC son similares a las computadoras, pero tienen características específicas que permiten su empleo como controladores. Estas características son:

- Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperatura, humedad y ruido.
- La interface para las entradas y salidas esta dentro del controlador.
- Es muy fácil programarlos.

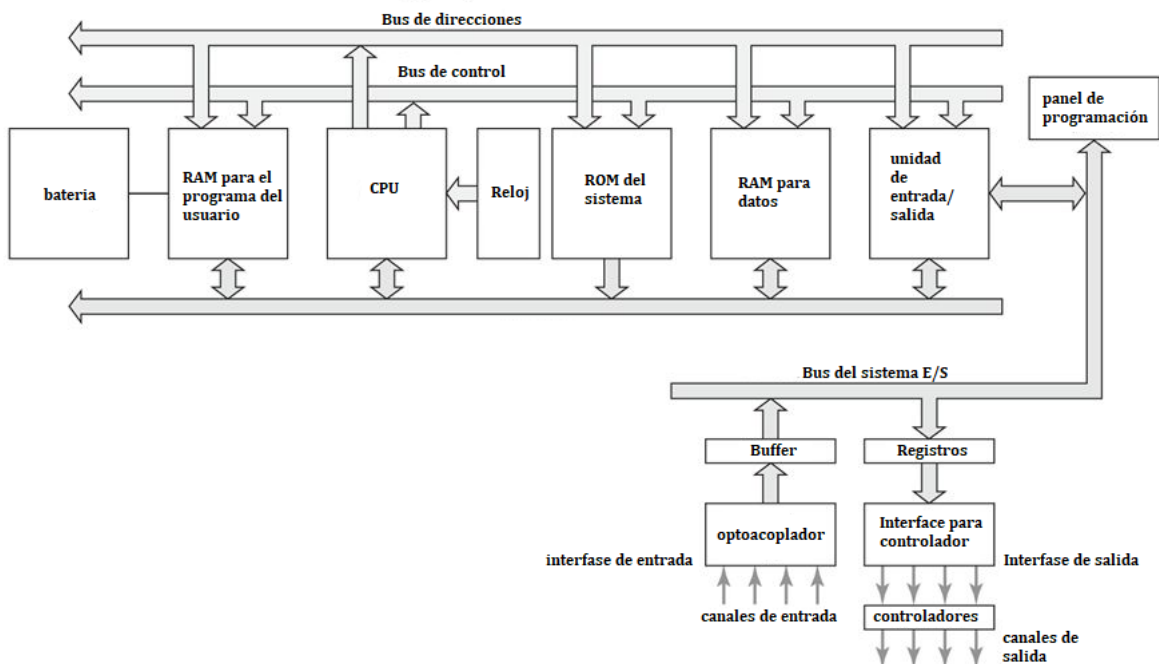


Imagen 2.13 Esquema de un controlador lógico programable

2.2.10.2 Actuadores

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover (actuar) otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes

posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina neumático, hidráulico o eléctrico.

El actuador más común es el actuador manual o humano. Es decir, una persona mueve un dispositivo para lograr su funcionamiento. Actualmente se hizo conveniente automatizar el funcionamiento de los dispositivos, por lo que los actuadores hicieron su aparición. Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores.

- Lineales: generan una fuerza en línea recta, tal como haría un pistón.
- Rotatorios: generan una fuerza rotativa, como lo haría un motor eléctrico.

2.2.11 Automatización industrial

La automatización industrial permite realizar un trabajo eficiente en cualquier tipo de sector productivo, que implemente tecnologías y procesos industriales, la automatización está presente en áreas como la electricidad, hidráulica, neumática, mecánica, etc.

La tecnología ha venido avanzando de manera acelerada, dándole un giro significativo en la forma de vivir de cada persona. En la actualidad, la automatización industrial, es tal vez, uno de los campos que más se debe de explotar, debido a las exigencias de los consumidores.

La automatización industrial juega un papel importante dentro de los procesos de una fábrica, planta o empresa, ayudando a optimizar el rápido avance de los procedimientos y la calidad del producto o servicio final. Sin dejar de lado el hecho de que ayuda a tener el control de cada una de las etapas o fases que hacen parte de la elaboración de cualquier producto.

En la actualidad la ingeniería se encuentra en constante crecimiento y se cuenta con los conocimientos y la infraestructura requerida para hacer controles automáticos a costos relativamente bajos.

El campo de aplicación de estas tecnologías y mejora de procesos es muy amplio, pero antes de comenzar a utilizarse, se debe saber cuáles son las reales necesidades de automatización a satisfacer, revisar la eficiencia de los sistemas ya instalados (en caso de tenerlos), y la complejidad de los procesos susceptibles de ser automatizados entre muchos otros aspectos.

Por los motivos anteriormente descritos es que es vital hacer un completo análisis previo del entorno, sus características y necesidades para poder mejorar de forma efectiva la producción y diferentes tipos de procesos en la empresa.

(David G. Alciatore, 2008)

2.3 Dispositivos de uso común en este documento

Arduino UNO

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar.

Arduino puede sentir el entorno mediante la recepción de entradas desde una variedad de sensores y puede controlar luces, motores y otros dispositivos. El microcontrolador de la placa se programa usando el Arduino Programming Language y el Arduino Development Environment. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o se pueden comunicar con software en ejecución en un ordenador.

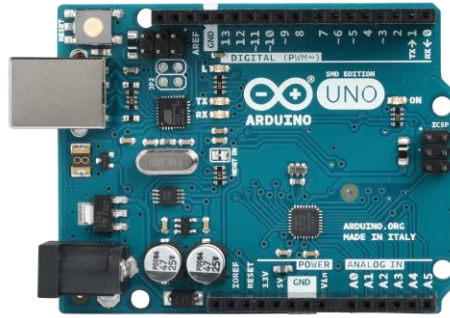


Imagen 2.14 Arduino UNO

(electronics, 2018)

NI Elvis

El NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) es un dispositivo de adquisición de datos que permite implementar 12 diferentes instrumentos virtuales para medición electrónica. La instrumentación virtual se basa en el uso del software Labview de National Instruments mediante una tarjeta de adquisición de datos se pueden medir señales continuas y discretas en instrumentos tales como el multímetro digital o el osciloscopio.

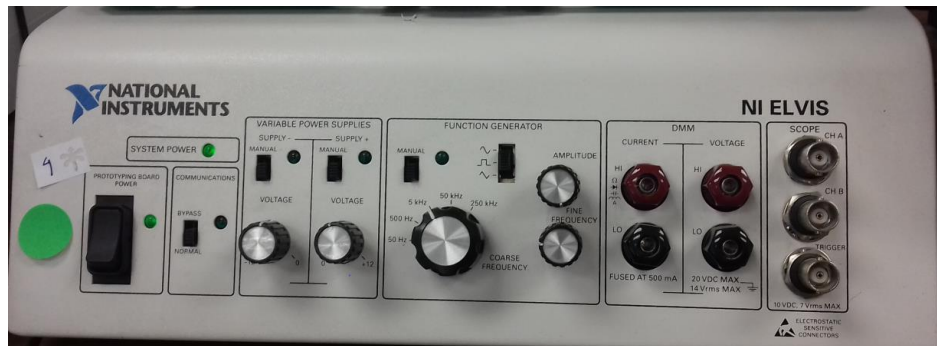


Imagen 2.15 Consola NI Elvis

Capítulo 3 Técnicas de Aprendizaje

Las técnicas de enseñanza aprendizaje son el entramado organizado por el docente a través de las cuales pretende cumplir su objetivo. Son mediaciones a final de cuentas.

Como mediaciones, tienen detrás una gran carga simbólica relativa a la historia personal del docente: su propia formación social, sus valores familiares, su lenguaje y su formación académica; también forma al docente su propia experiencia de aprendizaje en el aula.

Las técnicas de enseñanza aprendizaje matizan la práctica docente ya que se encuentran en constante relación con las características personales y habilidades profesionales del docente, sin dejar de lado otros elementos como las características del grupo, las condiciones físicas del aula, el contenido a trabajar y el tiempo.

Las técnicas de aprendizaje se conciben como el conjunto de actividades que el docente estructura para que el discípulo construya, transforme, evalúe y resuelva un problema; además de participar con el alumno en la recuperación del mismo proceso. De este modo las técnicas didácticas ocupan un lugar medular en el proceso de enseñanza del aprendizaje, por lo tanto, decimos que las técnicas son las actividades que el docente planea y realiza para facilitar la construcción del conocimiento.



Imagen 3.1 Métodos, Estrategias y Estilos de enseñanza

3.1 Proceso pedagógico

El proceso pedagógico se relaciona con la idea que el docente tiene sobre cómo se aprende y cómo se construye el conocimiento. Bajo el concepto que el docente tenga de educación, de enseñanza aprendizaje, de maestro es que diseñará su programa, planeará su clase y entablará cierta relación con el alumno.

Retomando a Bourdieu, lo podríamos interpretar a través del concepto de hábito, donde el docente construye a lo largo de su historia de aprendizaje y de enseñanza una "estructura" desde la cual observa el mundo del conocimiento en el aula y, simultáneamente, con la misma estructura construye el conocimiento.

3.2 Modelo Educativo

Los modelos educativos son visiones sintéticas de teorías o enfoques pedagógicos que orientan a los especialistas y a los profesores en la elaboración y análisis de los programas de estudios; en la sistematización del proceso de enseñanza-aprendizaje, o bien en la comprensión de alguna parte de un programa de estudios.

Según Antonio Gago Huguet un modelo educativo es una representación ejemplar del proceso de enseñanza-aprendizaje, en la que se exhibe la distribución de funciones y la secuencia de operaciones en la forma ideal que resulta de las experiencias recogidas al ejecutar una teoría del aprendizaje. Es decir; la variación de las técnicas y métodos que los maestros utilizan ha logrado que existan diversos tipos de modelos educativos que se aplican dependiendo de la necesidad de la época y de los estudiantes que la integran, de igual manera el conocer a fondo los modelos educativos permite a las instituciones y maestros tener una idea clara de cómo realizar los programas, planes de estudio, así como los componentes de estos y las características que serán necesarios contener para su aplicación para tener un buen funcionamiento a los requisitos que requiere el modelo educativo.

Como ya dijimos existen diversos tipos de modelos educativos que se han producido a lo largo de la historia del sistema educativo, entre los cuales podemos destacar los siguientes:

- El modelo de la educación como libre desarrollo.
- El modelo de la educación como enseñanza.
- El modelo de la educación como molde.
- El modelo de educación como iniciación.

3.3 Metodos y tecnicas de enseñanza

Para que podamos obtener conocimientos es necesario seguir un método o un camino que aproxime a la meta deseada que es adquirir un conocimiento racional, sistemático y organizado, por eso es preciso seguir determinados procedimientos, que nos permitan alcanzar el objetivo de obtener nuevos conocimientos. Sin embargo, se suele utilizar la palabra metodología en sentidos diferentes, opuestos en ocasiones al anterior:

La metodología de la investigación para hacer referencia a los pasos y procedimientos que se han seguido en una indagación determinada. Para designar los modelos concretos de trabajo que se aplican en una determinada disciplina o especialidad y también para hacer referencia al conjunto de conocimientos y recomendaciones que se transmiten al estudiante como parte de la docencia en estudios superiores. El término método también es utilizado para designarse como métodos de los estilos de trabajo y las formas particulares de la investigación que se utilizan para resolver problemas específicos de la indagación, como cuando se habla del Método cualitativo, el Método experimental o el Método estadístico.

Entonces podemos decir que método de forma general es el procedimiento que se sigue para alcanzar determinado fin. Mientras que metodología es la ciencia del método, es el conjunto de métodos que se siguen para una investigación científica.

Así ahora tenemos estos conceptos dirigidos a la enseñanza: Métodos y técnicas de enseñanza: estos constituyen recursos necesarios de la enseñanza, son los vehículos de una realización ordenada, metódica y adecuada, de la misma. Los métodos y técnicas tienen por objeto hacer más eficiente la dirección del aprendizaje. Gracias a ellos, pueden ser elaborados los conocimientos, adquiridas las habilidades e incorporados con menor esfuerzo lo ideales y actitudes que la escuela pretende proporcionar a sus estudiantes.

Método: es el planeamiento general de la acción de acuerdo con un criterio determinado y teniendo en vista determinadas metas.

Técnica de enseñanza: se refiere a la manera de utilizar los recursos didácticos para un aprendizaje efectivo en el estudiante.

Método de enseñanza: es el conjunto de momentos y técnicas lógicamente coordinados para dirigir el aprendizaje del estudiante hacia determinados objetivos. El método es quién da sentido de unidad a todos los pasos de la enseñanza, aprendizaje y como principal ni en lo que afecta a la presentación de la materia y a la elaboración de esta.

Método didáctico: es el conjunto lógico y unitario de los procedimientos didácticos que tienden a dirigir el aprendizaje, incluyendo en él desde la presentación y elaboración de la materia hasta la verificación y competente rectificación del aprendizaje. Clases de Métodos.

Los métodos, de un modo general y según la naturaleza de los fines que procuran alcanzar, pueden ser agrupados en tres tipos:

- Método de Investigación: son métodos que buscan acrecentar o profundizar nuestros conocimientos. Buscan descubrir nuevas verdades, esclarecer hechos desconocidos o enriquecer los conocimientos que poseemos.
- Método de Organización: trabajan sobre hechos conocidos y procuran ordenar y disciplinar esfuerzos para que haya eficiencia en lo que se desea realizar. Sólo establecen normas y disciplinas en la conducta.

- Método de Transmisión: destinados a transmitir conocimientos, actitudes o ideales, también reciben el nombre de métodos de enseñanza, son los intermediarios entre el profesor y el estudiante en la acción educativa que se ejerce sobre este último.

3.3.1 Taxonomía de Bloom

La taxonomía Bloom es un sistema de aspecto cognitivo que fue propuesto en 1956. La idea central de esta taxonomía es que el aprendizaje de los alumnos sea impartido de la mejor forma por el docente, es decir, cuáles son los objetivos educacionales propuestos por el educador. Tienen una estructura jerárquica que va del más simple al más complejo o elaborado, hasta llegar al de la evaluación. Cuando se elaboran programas se debe tomar en cuenta estos niveles y, mediante las diferentes actividades, ir avanzando progresivamente de nivel hasta llegar a los más altos.

3.3.1.1 Objetivo cognitivo

1. **Conocimiento:** Se refiere a recordar información previamente aprendida. Reconocer informaciones, ideas, hechos, fechas, nombres, símbolos, definiciones, etc., de una manera aproximada a como se han aprendido.

Verbos relacionados

Escribir, describir, numerar, identificar, etiquetar, leer, reproducir, seleccionar, hacer listas, hacer carteles, nombrar, decir, definir...

2. **Comprensión:** Quiere decir entender (apropiarse, aferrar) lo que se ha aprendido. Se demuestra cuando se presenta la información de otra manera, se transforma, se buscan relaciones, se asocia a otro hecho, se interpreta o se saben decir las posibles causas y consecuencias

Verbos relacionados

Clasificar, citar, convertir, describir, discutir, estimar, explicar, generalizar, dar ejemplos, exponer, resumir, ilustrar, parafrasear...

3. **Aplicación:** El alumno selecciona, transfiere y utiliza datos y leyes para completar un problema o tarea con un mínimo de supervisión. Utiliza lo que ha aprendido. Aplica las habilidades adquiridas a nuevas situaciones que se le presentan. Utiliza la información que ha recibido en situaciones nuevas y concretas para resolver problemas.

Verbos relacionados

Usar, recoger, calcular, construir, controlar, determinar, establecer, incluir, producir, proyectar, proporcionar, relacionar, solucionar, transferir, aplicar, resolver, utilizar, demostrar, informar, aplicar, relatar, contribuir, administrar...

4. **Análisis:** El alumno distingue, clasifica y relaciona evidencias o estructuras de un hecho o de una pregunta, se hace preguntas, elabora hipótesis. Descompone el todo en sus partes y puede solucionar problemas a partir del conocimiento adquirido: razona Intenta entender la estructura de la organización del material informativo examinando las partes de les que se

compone. La información que obtiene le sirve para desarrollar conclusiones divergentes. Identifica motivos y causas haciendo inferencias y/o halla evidencias que corroboran sus generalizaciones.

Verbos relacionados

Analizar, discriminar, categorizar, distinguir, comparar, ilustrar, contrastar, precisar, separar, limitar, priorizar, subdividir, construir diagramas...

5. **Síntesis:** El alumno crea, integra, combina ideas, planea, propone nuevas maneras de hacer. Crea aplicando el conocimiento y las habilidades anteriores para producir algo nuevo u original. Se adapta, prevé, se anticipa, categoriza, colabora, se comunica, compara ...

Verbos relacionados

Crear, adaptar, anticipar, planear, categorizar, elaborar hipótesis, inventar, combinar, desarrollar, comparar, comunicar, compilar, componer, contrastar, expresar, formular, integrar, codificar, reconstruir, reorganizar, revisar, estructurar, sustituir, validar, facilitar, generar, incorporar, iniciar, reforzar...

6. **Evaluación:** Emitir juicios sobre la base de criterios preestablecidos. Emitir juicios respecto al valor de un producto según las propias opiniones a partir de unos objetivos determinados.

Verbos relacionados

Valorar, comparar, contrastar, concluir, criticar, decidir, definir, interpretar, juzgar, justificar, ayudar...

3.4 Pedagogía en ingeniería

La enseñanza de la ingeniería utilizando la pedagogía tradicional ha encontrado en la Facultad de Estudios Superiores Aragón muchas dificultades para atraer a los estudiantes.

Es por esta razón que existe la necesidad de incorporar a las clases tradicionales demostraciones de la experimentación utilizando como herramienta los avances tecnológicos que existen en el área, procesos de adquisición de datos que utilizan como herramienta la instrumentación virtual asistida por computadora.

La instrumentación virtual involucra tareas de procesamiento, análisis, almacenamiento y despliegue de datos relacionados con la medición de una señal específica, que varían dependiendo de las necesidades del usuario; a diferencia de la instrumentación tradicional que se caracteriza por realizar funciones específicas que no pueden ser modificadas por el estudiante de ingeniería ya que están definidas por el fabricante.



Imagen 3.2 Laboratorio con instrumentos tradicionales

La instrumentación virtual ha sido de gran ayuda para los nuevos profesores de las carreras de ingeniería ya que con esta tecnología atraen más a los estudiantes y por lo tanto la enseñanza es de mayor calidad.

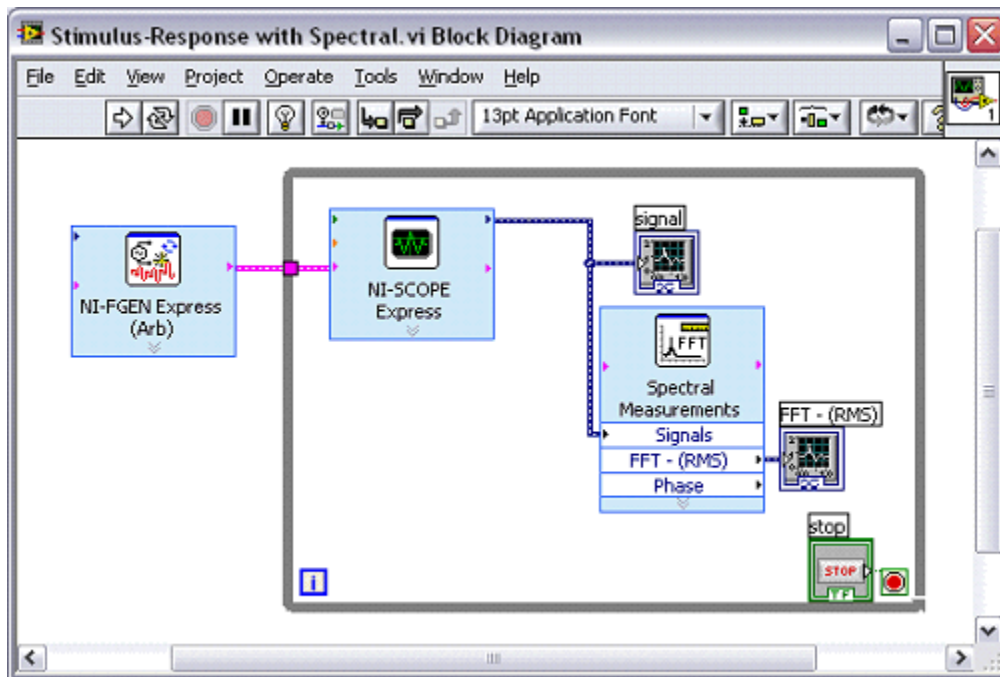


Imagen 3.3 extracto de un sistema con instrumentos virtuales

Capítulo 4 Desarrollo de practicas

En esta sección se desarrolla el cuadernillo de prácticas propuestas para la materia de instrumentación de procesos industriales que se imparte en la carrera de Ingeniería Eléctrica Electrónica en la Facultad de Estudios Superiores Aragón.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.1 Practica 1 Introducción al uso de NI-ELVIS

Objetivos

Comprender el funcionamiento de los distintos instrumentos virtuales que componen el laboratorio de instrumentación virtual (NI Elvis).

Conceptuales

Identificar los instrumentos virtuales disponibles, sus características y rangos dinámicos de operación.

Procedimentales

Construir un circuito RLC como modelo de un sistema de segundo orden.
Usar modulo de pruebas NI Elvis de National Instruments
Usar el generador de funciones virtual para alimentar el circuito electrónico propuestos.
Usar el osciloscopio virtual para observar la respuesta del circuito propuesto.

Actitudinales

Comparar las prestaciones de los equipos de instrumentación tradicionales con las de los equipos de instrumentación virtuales.
Evaluar las ventajas y desventajas de la instrumentación virtual.
Desarrollar habilidades analíticas,críticas y de investigación.
Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Introducción

Componentes electrónicos

Dispositivos electrónicos son diversos componentes que se utilizan en circuitos electrónicos. Los principales son las resistencias, los condensadores, los diodos y los transistores, así como los elementos que resultan de la especialización de los anteriores, como tiristores, diacs o triacs.

El conocimiento de las principales características de los dispositivos electrónicos básicos permite entender el funcionamiento de los circuitos más complejos que forman, como los circuitos amplificadores y los osciladores, parte integrante de la mayoría de los dispositivos complejos relacionados con la electrónica analógica. De la misma manera, la mayoría de los dispositivos considerados, en sus versiones miniaturizadas, forman parte de los circuitos de la electrónica digital.

Entre los dispositivos electrónicos pueden distinguirse los de tipo activo, capaces en algún momento de suministrar energía al circuito como las bobinas, y los de tipo pasivo, cuya única función es disipar energía como las resistencias.

Resistencias

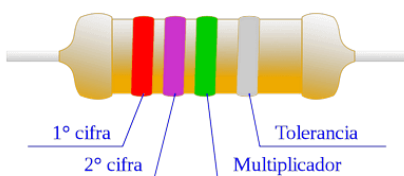


Imagen 4.1 identificación de una resistencia por código de colores

Las resistencias son dispositivos pasivos que tienen un comportamiento estrictamente óhmico, es decir, que obedece a la ley de Ohm. Por tanto, existe una proporcionalidad entre la tensión en sus extremos y la intensidad de la corriente que las atraviesa. Como para una tensión dada, la intensidad que atraviesa la resistencia disminuye cuando aumenta su valor, a veces se afirma de manera imprecisa, que "las resistencias se oponen al paso de la corriente eléctrica".

La potencia que se disipa, por efecto Joule, en una resistencia de valor R conectada a un voltaje (V) depende exclusivamente de la intensidad de la corriente (I) que circula. Cuando ésta es excesiva, no puede disiparse suficiente potencia y aumenta mucho la temperatura; como consecuencia, el elemento puede llegar a deteriorarse. Por este motivo, para cada resistencia existe una potencia máxima de trabajo condicionada por el valor máximo de la tensión a la que se puede conectar. De este modo, las resistencias especifican el valor máximo admisible de su tensión de trabajo.

Capacitores

Los capacitores son dispositivos que almacenan carga eléctrica. Están formados por dos placas conductoras, a veces denominadas armaduras, separadas por una capa de material dieléctrico que actúa como aislante. La característica física más importante de un condensador es su capacidad (C), que en el sistema internacional de unidades se expresa en faradios ($F = \text{culomb/volt}$) y representa la razón de proporcionalidad entre la carga que es capaz de almacenar el condensador y la tensión que existe entre sus placas cuando está cargado.

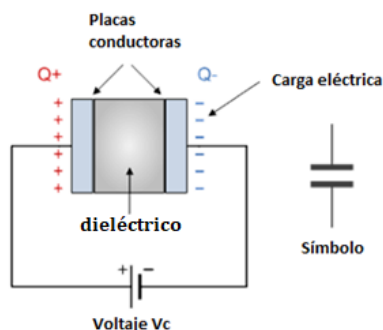


Imagen 4.2 representación de un capacitor y símbolo en un diagrama eléctrico

Es importante distinguir el comportamiento de los capacitores en los circuitos de corriente alterna y en corriente continua. Cuando se conecta un condensador a un circuito de corriente continua y, por tanto, a una tensión fija entre sus placas, se carga hasta llegar a su nivel máximo de capacidad y mantiene la carga mientras se le suministra la tensión de entrada o tensión entre placas. Si la tensión se reduce por alguna circunstancia, disminuye también la carga eléctrica acumulada en las placas del condensador, para lo cual éste genera una corriente eléctrica de descarga a través del circuito al que está conectado. Por tanto, en un circuito de tensión continua, el capacitor corta el paso de la corriente que lo atraviesa, y sólo aparecen corrientes transitorias de carga y descarga del mismo a través del circuito exterior. Este comportamiento permite, en corriente continua, el uso de condensadores como acumuladores de carga eléctrica, muy útiles una vez se desconecta el generador.

En un circuito de corriente alterna el capacitor se ve sometido exteriormente a cargas y descargas de frecuencia igual a la de la corriente, que puede ser muy elevada, y en el lapso correspondiente a la constante de tiempo pueden haberse realizado muchos ciclos de carga y descarga. En la práctica, el efecto del condensador en el circuito es provocar un desfase entre la intensidad que circula por el mismo y la tensión entre sus placas, desfase que es exactamente de un cuarto de período. Cuando la tensión entre los extremos del condensador es mínima, la intensidad alterna que lo atraviesa es máxima, y viceversa.

Bobinas

Las bobinas o solenoides son arrollamientos en hélice de un hilo conductor, que tienen la propiedad de presentar apreciables fenómenos de inducción electromagnética cuando circulan corrientes eléctricas variables con el tiempo. Estos efectos se pueden reforzar introduciendo en el hueco interior de la bobina una barra de material ferromagnético.

Cada bobina se caracteriza por su coeficiente de autoinducción (L), que en el sistema internacional de unidades se expresa en Henrios. Otras características de la bobina son su número de vueltas por unidad de longitud y la tensión máxima a la que se puede conectar.

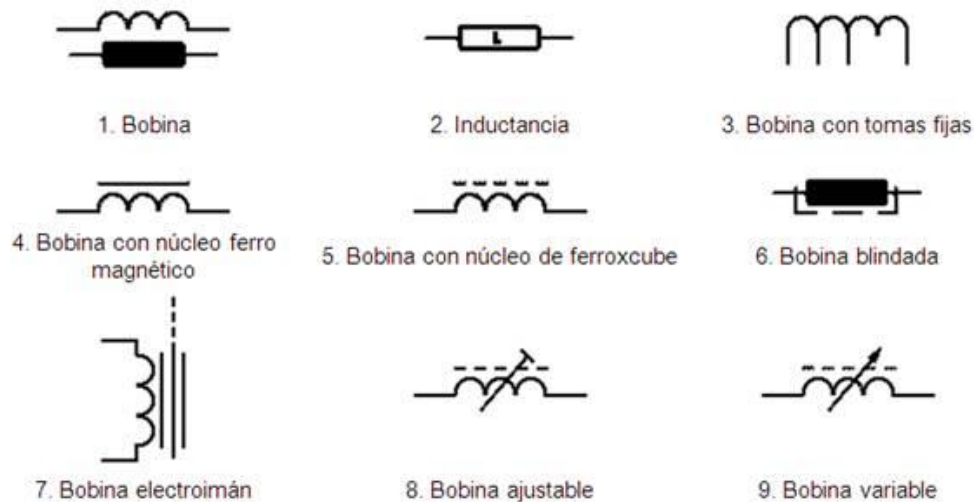


Imagen 4.3 diferentes símbolos para representar a una bobina y sus variantes

Conectada a un circuito de corriente continua, una bobina no produce ningún efecto especial, salvo el debido a la resistencia de sus hilos. Sólo se manifiesta su presencia en las corrientes transitorias de cierre y apertura del circuito, que aumentan de valor debido a la fuerza electromotriz inducida en la bobina. En cambio, en los circuitos de corriente alterna, si se desprecia el efecto óhmico de sus hilos, las bobinas introducen un desfase de un cuarto de período entre la tensión aplicada entre sus extremos y la intensidad que la atraviesa, de modo tal que la intensidad aparece retrasada respecto de la tensión. Este efecto es exactamente el contrario del que produce un condensador en la misma situación

(Planeta Saber Gran enciclopedia planeta , 2017)

Circuito RCL

Un circuito RLC es un circuito eléctrico que consiste en un resistor (la unidad de la resistencia es el ohm Ω), un capacitor (su unidad es el faradio F) y un inductor (su unidad esta dada en Henrios H) conectados en serie o en paralelo. Además de los elementos antes mencionados, se tienen variables asociadas como la corriente $i(t)$ (medida en amperes A) y voltaje $v(t)$ (medido en volts V).

El circuito serie RLC es un ejemplo de circuito de segundo orden. Por esta razón su comportamiento transitorio no responde al comportamiento exponencial típico de los circuitos RC o RL.

Un circuito de segundo orden es un circuito que está representado por una ecuación diferencial de segundo orden. Como regla práctica, el orden de la ecuación diferencial que representa un circuito es igual al número de capacitores en el circuito, más la cantidad de inductores. Por ejemplo, un circuito

de segundo orden contiene un capacitor y un inductor, e incluso podría contener dos capacitores y ningún inductor.

RLC sub-amortiguado

El caso de sub-amortiguamiento se da cuando la siguiente expresión se cumple dentro de las raíces de la ecuación.

Cuando $\zeta < 1$ hay dos raíces complejas puesto que ambas involucran a $\sqrt{-1}$. De esta manera se puede decir que:

$$s = -\zeta\omega_n \pm \omega_n\sqrt{(\zeta^2 - 1)}$$

Ecuación 4.1 ecuación cuadrática de un circuito RCL

Cuando:

$\zeta^2 = 1$ raíces iguales (críticamente amortiguado)

$\zeta^2 > 1$ raíces reales y diferentes (sobreamortiguado)

$\zeta^2 < 1$ raíces imaginarias (subamortiguado)

ζ es el factor de amortiguamiento

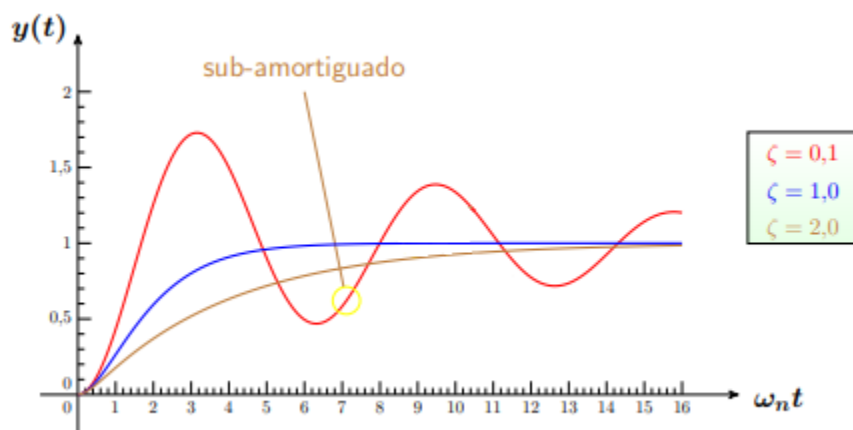


Imagen 4.4 respuesta de un sistema de segundo orden a una entrada escalón

La corriente, desde el inicio y en un intervalo de tiempo, posee un comportamiento oscilatorio senoidal y cosenoidal, cuya amplitud va decrementándose exponencialmente, hasta alcanzar el equilibrio, gracias a la constante de amortiguamiento existente en el argumento exponencial. Así como se presentaron los casos de amortiguamiento en un circuito RLC en serie, son los mismos en un circuito

RLC en paralelo, solamente que se involucra como incógnita el voltaje en la ecuación diferencial, siendo las gráficas que representan el comportamiento del voltaje a trav

és del tiempo en un elemento de almacenamiento de energía también de la misma forma.

(Bolton, 2001)

NI Elvis

El NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite (NI ELVIS) es un dispositivo de adquisición de datos que permite implementar 12 diferentes instrumentos virtuales para medición electrónica. La instrumentación virtual se basa en el uso del software Labview de National Instruments mediante una tarjeta de adquisición de datos se pueden medir señales continuas y discretas en instrumentos tales como el multímetro digital o el osciloscopio.

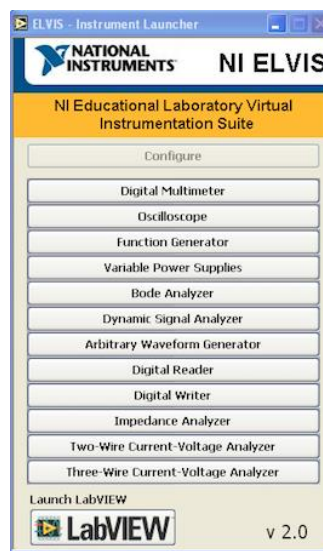


Imagen 4.5 suite NI Elvis

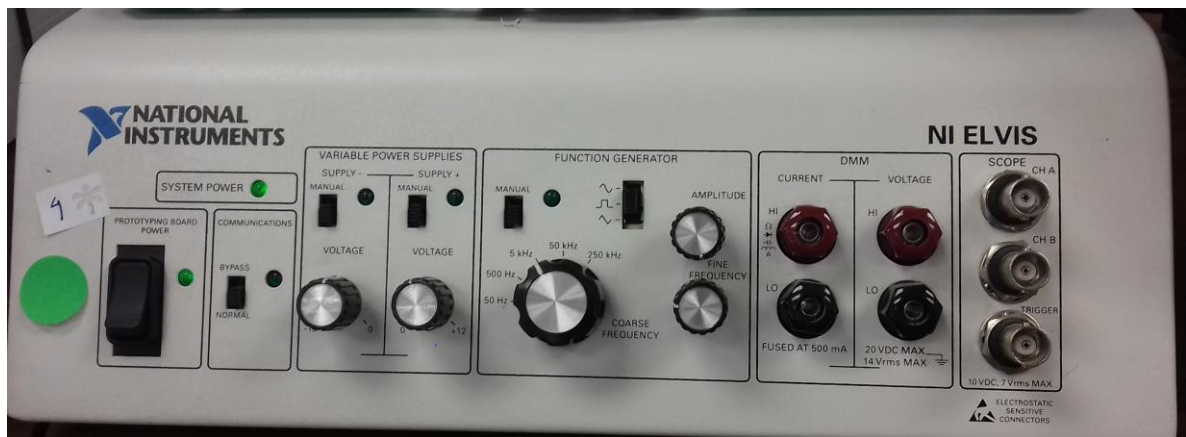


Imagen 4.6 Consola NI ELVIS

Desarrollo de la práctica

Materiales

- 1 trimpot de 200 ohms
- 1 capacitor de 47nf
- 1 bobina de 430 mH
- 1 protoboard
- Alambre para protoboard

Nota: no usar jumpers

Trabajo en laboratorio

1. Armar el siguiente circuito RLC en su protoboard utilizando la resistencia variable

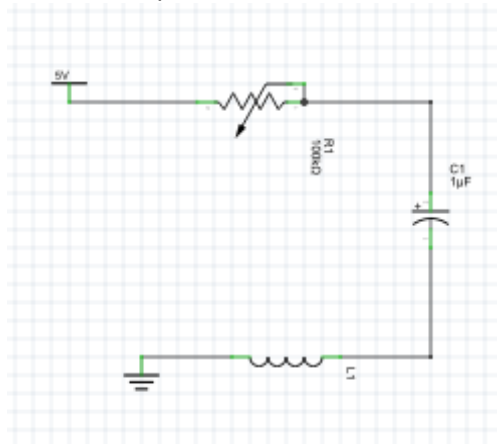


Imagen 4.7 circuito RCL

2. Abrir la suite de NI Elvis



Imagen 4.8 National Instruments

3. En el NI Elvis seleccionar el generador de funciones y generar una onda senoidal y ajustarla con un
 $V_{pp} = 5V$
 $f = 1000$
Hz



Imagen 4.9 botón para abrir el generador de funciones

4. Conectar la salida del generador al circuito RCL
5. En la suite de NI Elvis abrir el osciloscopio



Imagen 4.10 botón para abrir el osciloscopio

6. Conectar la salida de la resistencia al canal uno (CHA) y la salida de la bobina al canal dos (CHB) del osciloscopio.
7. Dibuje la señal obtenida en el osciloscopio y explique con sus palabras lo que entiende:
8. Variar la resistencia en el trimpot (observe, comente y dibuje)
9. Comente los resultados obtenidos con el profesor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.2 Práctica 2 Sistemas de medición

Objetivo

Aplicar los conceptos y las partes de un sistema de medición, usando circuitos electrónicos para distinguir cada uno de los elementos que lo conforman.

Conceptuales

Identificar las partes de un sistema de medición electrónico

Comprender que es un sistema de medición, transductor, sensor, sistemas análogos, sistemas digitales, procesamiento de la información, amplificadores operacionales.

Procedimentales

Usar una fuente poder para alimentar los circuitos electrónicos propuestos.

Usar un módulo de Arduino uno.

Usar un sensor electrónico de temperatura.

Usar módulo de pruebas NI Elvis como laboratorio virtual

Actitudinales

Desarrollar habilidades analíticas, críticas y de investigación

Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Introducción

Sistemas de Medición

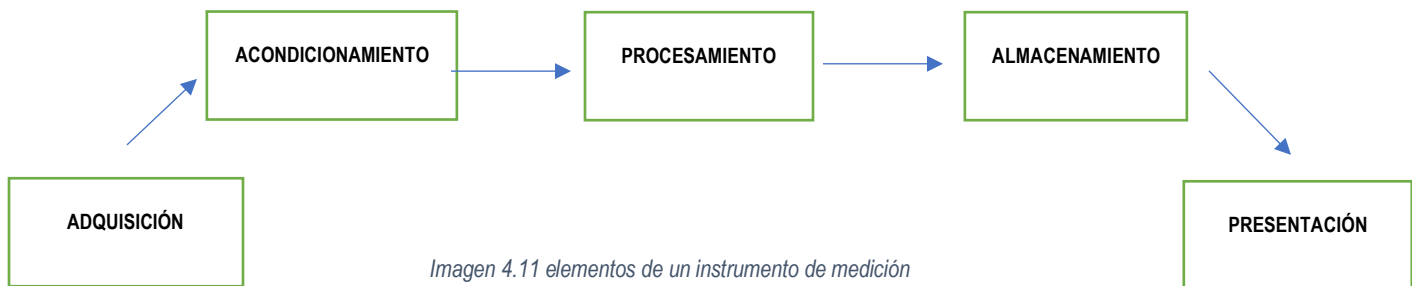
Una parte fundamental de muchos sistemas físicos es el sistema de medición, compuesto de las tres partes básicas (sensor – acondicionador de señal – medio de presentación visual)

Se denomina sistema a la combinación de dos o más elementos, subconjuntos y partes necesarias para realizar una o varias funciones. En los sistemas de medida, esta función es la asignación objetiva y empírica de un número a una propiedad o cualidad de un objeto o evento, de tal forma que la describa. Es decir, el resultado de la medida debe ser: independiente del observador (objetiva), basada en la experimentación (empírica), y de tal forma que exista una correspondencia entre las relaciones numéricas y las relaciones entre las propiedades descritas.

(Areny, 2007)

Un sistema de medición se podría considerar una caja negra que se utiliza para medir. Su entrada es la magnitud que se desea medir y su salida es el valor correspondiente a dicha magnitud.

En general, puede decirse que los sistemas de medición están formados por cinco elementos.



Transductor

Es el elemento que se encuentra en contacto directo con la magnitud que se va a evaluar al interactuar con estas sufre cambios en sus propiedades. Por ejemplo: la magnitud física puede ser la temperatura y la propiedad alterada puede ser la resistencia eléctrica que varía proporcionalmente a la variable medida.

Sensor

Un sensor es un elemento en un sistema físico o de medición que detecta la magnitud de un parámetro físico y lo cambia por una señal que puede procesar el sistema.

Un sensor es un dispositivo que está diseñado para recibir información de una magnitud física y transformarla en una señal eléctrica que por medio de algún proceso seamos capaces de manipular y poder cuantificar.

Al elemento activo de un sensor se le conoce comúnmente como transductor. Los sistemas de monitorización y control requieren sensores para medir cantidades físicas tales como posición, distancia, fuerza, deformación, temperatura, vibración y aceleración.

Tipos de Sensores

Existen diferentes tipos de sensores, en función del tipo de variable que tengan que medir o detectar:

Variable Física	Tipos de Sensor
Posición	inductivos, resistivos, magnéticos, efecto Hall
Velocidad	efecto Hall, encoder, potenciómetros
Aceleración	piezoeléctricos, piezorresistivos, capacitivos
Fuerza, Peso	celdas de carga, galgas
Presión	inductivo, capacitivo, piezoeléctrico, galga, óptico
Caudal	electromecánicos, magnéticos, ultrasónicos
Nivel	potenciómetros, capacitivos, térmicos, ópticos

Tabla 4.1 tipos de sensores

Sensores piezoeléctricos

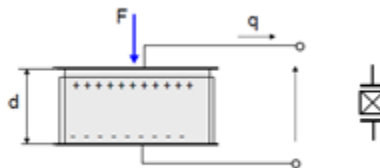


Imagen 4.12 definición gráfica y símbolo del piezoeléctrico

El efecto piezoeléctrico fue descubierto por Jacques y Pierre Curie en 1880 en los cristales de cuarzo. Este fenómeno se produce en determinados sistemas cristalinos y consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo. Es un efecto

reversible de modo que, al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación.

Además del cristal de cuarzo, existen otras sustancias naturales que poseen comportamientos similares tales como la turmalina o la sal de Rochelle. Estas sustancias tienen una gran estabilidad tanto ante el cambio en las condiciones medioambientales como en el transcurso del tiempo, pero las señales que son capaces de producir resultan muy débiles.

Como materiales sintéticos se tiene el titanato de bario o el titanato-circonato de plomo (PZT) que, si bien no tienen tanta estabilidad como las sustancias naturales, presenta un nivel mucho más alto de señal de salida. Los materiales sintéticos producen el efecto piezoeléctrico gracias a las cualidades de su estructura y a la distribución de sus cargas eléctricas que suele conseguir después de un tratamiento.

Sensores resistivos

Los sensores basados en la variación de la resistencia eléctrica de un dispositivo son probablemente los más abundantes. Esto se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica en un material.

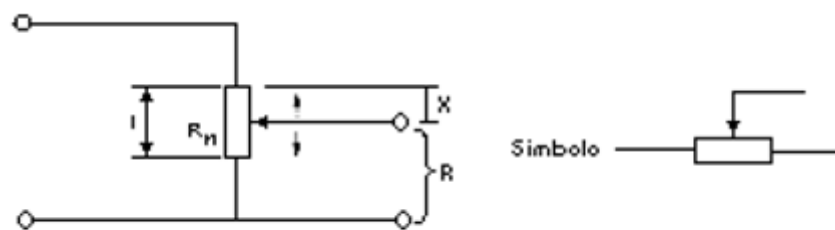


Imagen 4.13 potenciómetro ideal y su símbolo

Sensores de Contacto

Se emplean para detectar el final del recorrido o la posición límite de componentes mecánicos. Por ejemplo: saber cuándo una puerta o una ventana que se abren automáticamente están ya completamente abiertas y por lo tanto el motor que las acciona debe pararse.

Los principales son los llamados fines de carrera (o finales de carrera). Se trata de un interruptor que consta de una pequeña pieza móvil dependiendo de su posición se consideran normalmente abierto (NA) y normalmente cerrado (NC).

Sensores ópticos

Detectan la presencia de una persona o de un objeto que interrumpen el haz de luz que le llega al sensor.

Los principales sensores ópticos son las fotorresistencias, las LDR (Light Dependent Resistor).

Recordemos que se trataba de resistencias cuyo valor disminuía con la luz, de forma que cuando reciben un haz de luz permiten el paso de la corriente eléctrica por el circuito de control. Cuando una

persona o un obstáculo interrumpen el paso de la luz, la LDR aumenta su resistencia e interrumpe el paso de corriente por el circuito de control

Sensores de Temperatura

Los termistores son los principales sensores de temperatura.

Se trata de resistencias cuyo valor asciende con la temperatura (termistor PTC) o bien disminuye con la temperatura (termistor NTC).

Por lo tanto, depende de la temperatura que el termistor permita o no el paso de la corriente por el circuito de control del sistema.

Sensores de Humedad

Se basan en que el agua no es un material aislante como el aire, sino que tiene una conductividad eléctrica.

Por lo tanto, un par de cables eléctricos desnudos (sin cinta aislante recubriéndolos) van a conducir una pequeña cantidad de corriente si el ambiente es húmedo; si colocamos un transistor en zona activa que amplifique esta corriente tenemos un detector de humedad.

Sensores Magnéticos

Detecta los campos magnéticos que provocan los imanes o las corrientes eléctricas. El principal es el llamado interruptor Reed; consiste en un par de láminas metálicas de materiales ferromagnéticos metidas en el interior de una cápsula que se atraen en presencia de un campo magnético, cerrando el circuito.

Sensores Infrarrojos

Existe una franja de ondas electromagnéticas cuya frecuencia es muy baja para que nuestros ojos la detecten; son los infrarrojos.

Existen diodos capaces de emitir luz infrarroja y transistores sensibles a este tipo de ondas y que por lo tanto detectan las emisiones de los diodos. Esta es la base del funcionamiento de los mandos a distancia; el mando contiene diodos que emiten infrarrojos que son recibidos por los fototransistores del receptor.

(Peña, 2015)

Acondicionamiento de Señal

La señal de un sistema de medición en general se debe procesar de una forma adecuada para la siguiente etapa de la operación. La señal puede ser, por ejemplo; demasiado pequeña por lo que es necesario amplificarla puede llegar a tener interferencias que se tienen que eliminar, puede ser una señal no lineal, ser una señal analógica y requerir una señal digital o al contrario (digital - analógica) etc. A todo este tipo de procedimientos se les llama por lo general "Acondicionamiento de Señal".

Es por estas razones que se pueden clasificar en dos clases principales: analógicos y digitales.

Sistemas Analógicos

Los sistemas analógicos reciben las señales como una función continua. Las señales analógicas son producto de la conversión de una forma de onda física en una señal eléctrica.

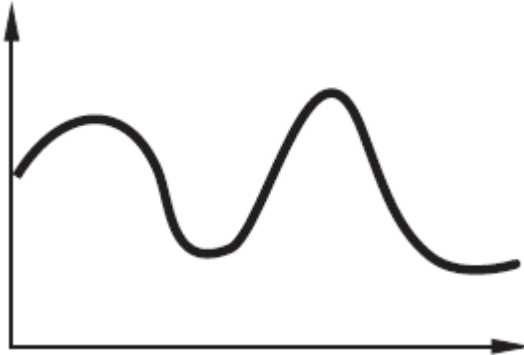


Imagen 4.14 Señal analógica

Los circuitos electrónicos más antiguos son analógicos, la información que transportan reproduce la información codificada en modo de voltajes, frecuencias e intensidades.

Sistemas Digitales

Los sistemas digitales manejan la información en forma todo o nada. Una cantidad digital puede consistir en un número de pulsos discretos y discontinuos cuya relación de tiempo contiene información referente a la magnitud o naturaleza de la cantidad. La información se transfiere mediante trenes de pulsos que representan números binarios. Las posibilidades son 0 y 1, y denotan dos estados posibles. 1 - (si o encendido), 0 - (no ó apagado), en un circuito eléctrico referente al paso de corriente 1 sería abierto y 0 cerrado.

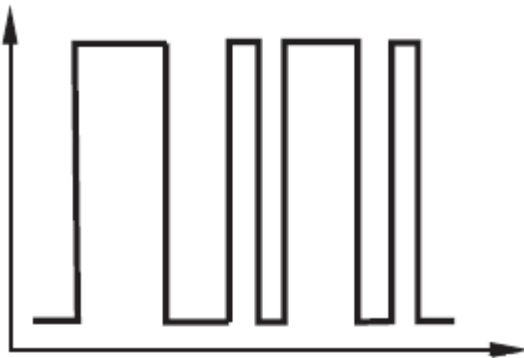


Imagen 4.15 señal digital

Las señales de cualquier circuito o comunicación electrónica son susceptibles de ser variadas de forma no deseada de diversas maneras mediante el ruido, lo que ocurre siempre en mayor o menor medida.

Estos procesos se pueden presentar en el acondicionamiento de una señal para su mejor procesamiento.

Protección para evitar el daño al siguiente elemento

Convertir la señal en el tipo de señal adecuada

Obtener un nivel adecuado de la señal. (En muchos casos es necesario amplificar la señal para su correcta lectura)

Eliminación o reducción de ruido (filtros)

Manipulación de la señal. (Por ejemplo, convertir una señal variable en una señal lineal)

Procesamiento de datos

Es la técnica que consiste en la recolección de los datos primarios de entrada, que son evaluados y ordenados, para obtener información útil, que luego serán analizados por el usuario final, para que pueda tomar las decisiones o realizar las acciones que estime conveniente.

(Martinez, 2012)

Amplificador operacional inversor

El amplificador inversor es uno de los amplificadores más utilizados, se trata de un amplificador cuya ganancia es de V_0 a V_1 y está definida por la relación entre si.

Este circuito puede amplificar señales de c.a. y c.d. Para entender su funcionamiento se parte de las dos premisas realistas de simplificación.

El voltaje que hay entre las entradas + y - es esencialmente 0 cuando el V_0 no está en saturación.

La corriente requerida por las terminales de entrada + y - es despreciable.

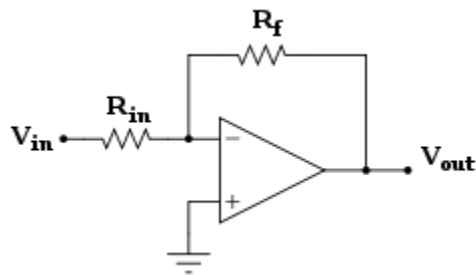


Imagen 4.16 amplificador operacional en configuración restador

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_f}{R_{in}}$$

Ecuación 4.2 Formula Amplificador Operacional Restador

Desarrollo de la Práctica

Materiales

- Fuente térmica < a 150
- Arduino uno
- Ni Elvis (se proporciona en laboratorio)
- Cable para protoboard calibre #22
- Pinzas de corte
- Sensor Im35
- Amplificador operacional NE5532
- 1 resistencia de 3.3 K Ω
- 1 resistencia de 10 K Ω
- 2 resistencias de 1 K Ω

Polarización y conexión del circuito integrado NE5532

Voltaje de ruido de entrada: 5 nV / $\sqrt{\text{Hz}}$ Típico a 1 kHz

Ganancia unitaria Ancho de banda: 10 MHz Típico

Razón de rechazo en modo común: 100 dB Típico

Alto Voltaje de CC Ganancia: 100 V / mV

Pico a pico Voltaje de salida oscilante 26 V Típico Con $V_{CC} \pm = \pm 15 \text{ V}$ y $R_L = 600 \Omega$

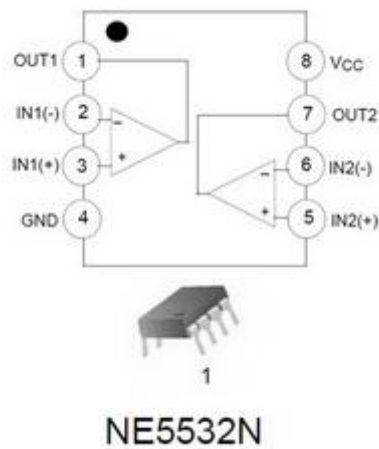


Imagen 4.17 distribución de pines en el circuito integrado

(Instruments, 2006)

Polarización y conexión del sensor lm35

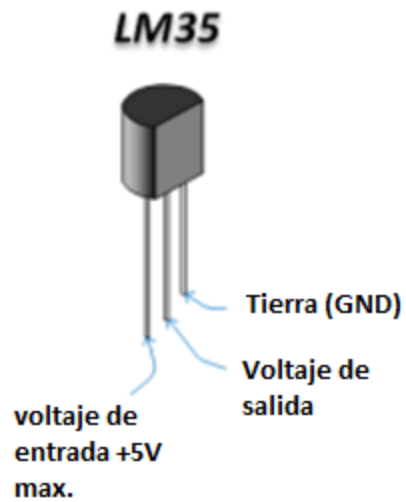


Imagen 4.18 diagrama de conexión del sensor LM35

La salida es lineal y equivale a $10\text{mV}/^\circ\text{C}$, por lo tanto:

+1500 mV = 150°C

+250 mV = 25°C

-550 mV = -55°C

Funcionamiento: Para obtener un termómetro digital lo único que se requiere es un voltímetro bien calibrado y en la escala correcta para que nos muestre el voltaje equivalente a la temperatura.

El LM35 funciona en el rango de alimentación comprendido entre 4 y 30 voltios.

Podemos conectarlo a un conversor Analógico/Digital y tratar la medida digitalmente, almacenarla o procesarla con un microcontrolador.

(Bench, 2016)

Trabajo de casa

Armar el siguiente circuito en una protoboard que será conectada en el laboratorio a la tarjeta de desarrollo del NI Elvis.

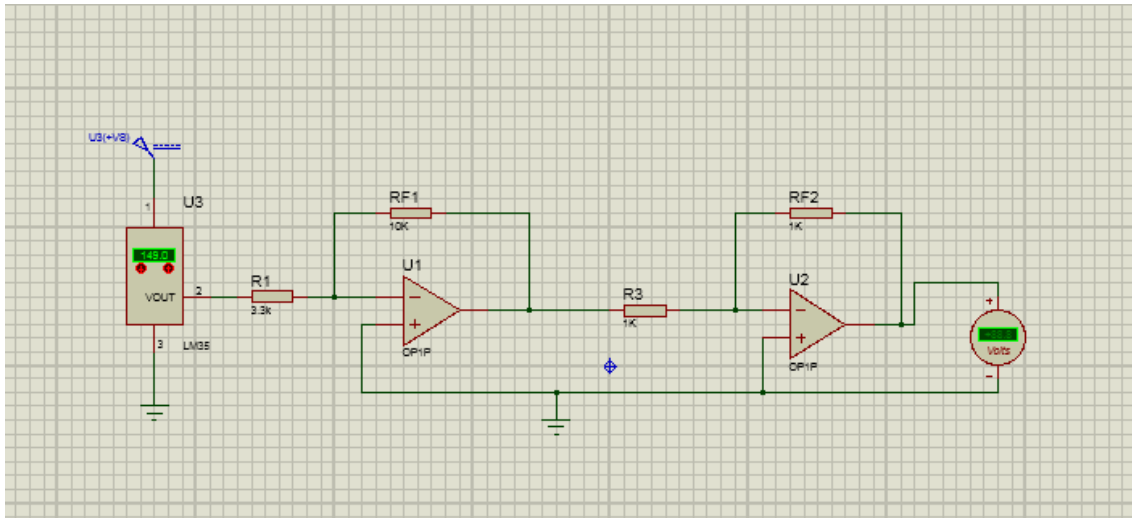


Imagen 4.19 circuito amplificador con ganancia 3

$$R_{F1} = 10 \text{ K}\Omega$$

$$R_1 = 3.3 \text{ K}\Omega$$

$$R_3 = R_{F2} = 1 \text{ K}\Omega$$

Este circuito es un amplificador inversor con ganancia 3 que nos servirá para amplificar la señal del sensor y así pueda ser leída con mayor precisión por nuestros instrumentos.

NOTA:

Revise bien sus conexiones y no usar jumpers ya que puede ser afectada la señal deseada.

Trabajo en laboratorio

1. Abrir el software para programar Arduino uno.
2. Insertar el siguiente código en el software, grabar el programa en el dispositivo, compilar y comprobar su función.

```
int analogico = A0;
int sensor = 0;
float salida;
void setup() {

  Serial.begin(9600);

}

void loop() {

  sensor = analogRead(analógico);
  salida = sensor * 0.488;
  delay(10);
  Serial.println(salida,2);
  delay(40);
}
```

Código 1 programa para sensor LM35 en Arduino

3. Abra el DMM de Ni Elvis y mida la señal de entrada del sensor y luego la señal de salida del opamp, debe haber una ganancia 3 y un $V < 5V$ (si es mayor se quema el Arduino).
4. Conecte la salida del amplificador al canal A0 del Arduino
5. Abra el serial plotter (observe, comente, dibuje.)
6. Acerque la fuente térmica al LM35, (observe, comente, dibuje).
7. Compare la relación entre el voltaje medido en el DMM a la salida del opamp y el gráfico obtenido en el serial plotter, Explique.
8. Describa con sus propias palabras las diferentes etapas del instrumento de medición
9. Exprese sus conclusiones



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.3 Práctica 3 Medición de temperatura mediante sensor piezorresistivo (termopar tipo J)

Objetivo

Comprender el concepto de temperatura y la manera de medirla utilizando el acondicionamiento de la señal obtenida por medio de un termopar tipo J.

Conceptuales

Identificar los elementos que conforman un instrumento para medir temperaturas utilizadas en procesos industriales (típicamente mayores a 200 °C)

Procedimentales

Construir un amplificador de instrumentación para amplificar el voltaje obtenido del termopar tipo J.

Usar módulo de pruebas NI Elvis de National Instruments

Usar el generador de funciones virtual para alimentar el circuito electrónico propuestos.

Usar el osciloscopio virtual para observar la respuesta del circuito propuesto.

Actitudinales

Desarrollar habilidades analíticas, críticas y de investigación.

Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Introducción

Temperatura

La temperatura es la magnitud física que indica que tan caliente o fría esta una sustancia u objeto respecto a un cuerpo que se toma como base o patrón, la temperatura es una propiedad intensiva ya que no depende de la cantidad de materia de un cuerpo o un sistema, ni de su naturaleza, si no del ambiente en que se encuentren dicho cuerpo o sistema físico.

(Ríncon, 2007)

Tipos de sensores de temperatura

Termopares

El termopar (TC) es un par de empalmes o uniones que se forman a partir de dos metales distintos. Un empalme representa una temperatura de referencia y el otro representa la temperatura a medir. Los mismos funcionan cuando una diferencia de temperatura provoca un voltaje que depende de la temperatura, y que el voltaje es convertido, a su vez, en una lectura de la temperatura. Los termopares se usan porque son económicos, resistentes y confiables, no requieren una batería, y pueden ser utilizados en una amplia gama de temperaturas. Los termopares pueden conseguir un buen rendimiento de hasta 2.750°C y pueden incluso ser usados por períodos cortos a temperaturas de hasta 3.000°C y tan bajas como -250°C .

Las fortalezas y desafíos de los termopares incluyen:

Miden su propia temperatura.

La temperatura del objeto se debe inferir, y el usuario debe asegurarse de que no hay flujo de calor entre ellos.

Son propensos a errores de lectura de la temperatura después de un uso prolongado. ¿Razones? Si el aislamiento de los cables pierde resistencia debido a la humedad o las condiciones térmicas, o si hay interferencias químicas, mecánicas o de radiación nuclear en el entorno.

Son conductores eléctricos por lo que no pueden ponerse en contacto con otra fuente de electricidad.

No miden en los empalmes.

Estos dispositivos reaccionan rápidamente si se los compara con termómetros de resistencia.

Tipos de termopares

En las uniones del termopar interesa tener: resistividad elevada para tener una resistencia alta sin requerir mucha masa, lo cual implicaría alta capacidad calorífica y respuesta lenta; coeficiente de temperatura débil en la resistividad; resistencia a la oxidación a temperaturas altas, pues deben tolerar la atmosfera donde van a estar, y linealidad lo mayor posible.

Para lograr estas propiedades se emplean aleaciones especiales: níquel(90)/cromo(10) –cromel cobre(57)/níquel(43); níquel(94)/aluminio(2)/manganeso(3)/silicio(1) – alumel - ; etc. La protección frente al ambiente se logra mediante una vaina, normalmente de acero inoxidable. La velocidad de respuesta y la robustez de la sonda vendrán afectados por el espesor de dicha vaina. El silicio y el germanio presentan también propiedades termoeléctricas.

Termopares de uso común

Designación ANSI	Composición	Margen Habitual	mV/margen
B	Pt(6%)Rodio-Pt(30%)/Rodio	38 a 1800 °C	13.6
C	Pt(6%)Rodio-Pt(30%)/Rodio	0 a 2300 °C	37
E	Cromel – Constantan	0 a 982 °C	75
J	Hierro – Constantan	(-184 a 760 °C)	50
K	Cromel - Alumel	(-184 a 1260 °C)	56
R	Pt(13%)/Rodio-Pt	0 a 1593 °C	18.7
S	Pt(10%)/Rodio-Pt	0 a 1538 °C	16
T	Cobre – Constantan	(-184 a 400 °C)	26

Tabla 4.2 tipos de termopares

(Areny, 2007)

Termistores

Los termistores, como los termopares, también son sensores de temperatura económicos y fácilmente disponibles, fáciles de usar y adaptables. Se utilizan, sin embargo, para realizar sencillas mediciones de temperatura en lugar de para aplicaciones a alta temperatura. Están realizados de material semiconductor con una resistividad que es especialmente sensible a la temperatura. La resistencia de un termistor disminuye con el incremento de la temperatura para que cuando ocurran cambios de temperatura, el cambio de la resistencia sea predecible. Son muy utilizados como limitadores de corriente de irrupción, sensores de temperatura, protectores contra sobrecargas de reinicio automático, y elementos de calentamiento autorregulados.

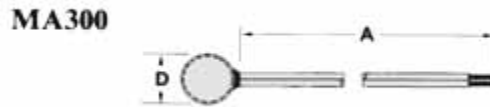
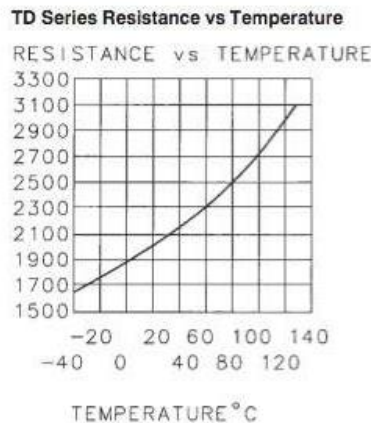


Imagen 4.20 diagrama de Amplificador de instrumentación

Detectores de temperatura de resistencia

Los detectores de temperatura resistiva (RTD) son sensores de temperatura con una resistencia que cambia el valor resistivo simultáneamente con los cambios de temperatura. Precisos y reconocidos por la repetibilidad y estabilidad, los RTD se pueden utilizar con una amplia gama de temperaturas, desde -50°C a 500°C de para las variedades de película delgada y desde -200°C a 850°C para la variedad de hilo bobinado.

Los elementos de los RTD de película delgada cuentan con una delgada capa de platino sobre un sustrato. Se crea un diseño que ofrece un circuito eléctrico que es ajustado para darle una resistencia específica. Se conectan los cables principales, y se recubre el conjunto para proteger tanto la película como las conexiones. En comparación, los elementos de hilo bobinado o bien son bobinas de alambre empaquetadas en un tubo de vidrio o cerámica, o se pueden bobinar alrededor de material de vidrio o cerámica.



Grafica 4.1 Serie TD: resistencia frente a temperatura

Los RTD alcanzan mejor precisión que los termopares, así como buenas condiciones de intercambiabilidad. También son estables a largo plazo. Con tales capacidades de alta temperatura, a menudo son utilizados en entornos industriales. Se logra mejorar la estabilidad cuando los RTD son fabricados en platino el cual no se ve afectado por la corrosión y la oxidación.

(Electronics, 2011)

Sensores infrarrojos

Los termómetros Infrarrojos pueden medir la temperatura de un objeto sin tocarlo. Hay muchos casos en los que la medida de temperatura sin contacto es crítica: cuando el objeto medido es pequeño, movable o inaccesible; para procesos dinámicos que requieren respuesta rápida; o para temperaturas $>1000^{\circ}\text{C}$

La mayoría de los sensores conocidos debe ponerse en contacto directo con la fuente de temperatura, y tiene un rango útil de -100°C a 1500°C . En contraste, los sensores infrarrojos determinan la temperatura de la superficie de un objeto interceptando y midiendo la radiación infrarroja emitida. El rango típico de temperatura para estos termómetros es -50°C a 3000°C . Las distancias de trabajo pueden variar desde una fracción de centímetro a varios kilómetros en aplicaciones aerotransportadas.

La tecnología subyacente para los Pirómetros de Radiación Infrarroja está basada en el principio que dice que todos los objetos emiten radiación a longitudes de onda ubicadas en la región infrarroja del espectro de radiación electromagnética. Los sensores infrarrojos miden esta radiación y proporcionan una señal de salida calibrada en una variedad de rangos según los requisitos del usuario.

Amplificador de instrumentación

Los voltajes y corrientes de salida de muchos transductores son señales muy pequeñas. Además de los bajos niveles, a menudo es necesario transmitir la salida del transductor hacia el equipo de adquisición de datos o de control. En ambientes industriales donde hay muchas maquinas eléctricas, el ruido eléctrico puede causar serias dificultades en circuitos de bajo nivel. Estos ruidos pueden ser radiados, como un campo electromagnético, o inducidos en el cableado de la planta, como circuitos tierra, y producidos por la fuente de alimentación de corriente alterna.

A pesar de las fuentes de ruido, las señales de bajo nivel se deben transmitir con cuidado de un lugar a otro. Un método efectivo para combatir el ruido es incrementar la intensidad de las señales de bajo nivel antes de su transmisión a través de los alambres. Esto se realiza frecuentemente con un amplificador llamado "amplificador de instrumentación".

Las características que distinguen a un amplificador de instrumentación de un amplificador operacional son:

- a) Los amplificadores de instrumentación tienen ganancia finita. Un amplificador operacional tiene una ganancia muy grande, la cual es infinita en el caso ideal, suele utilizarse con realimentación externa para proporcionar una ganancia finita.
- b) El amplificador de instrumentación tiene una entrada diferencial de alta impedancia. Aunque el amplificador operacional también la tiene, se diferencian cuando los elementos de realimentación se adicionan alrededor del amplificador operacional, ya que la impedancia de entrada disminuye considerablemente.
El amplificador de instrumentación está compuesto por tres amplificadores operacionales, cuya finalidad es mejorar el desempeño y la exactitud de procesamiento de las dos señales de entrada. Con una adecuada selección de las resistencias o parámetros de diseño, se puede obtener la misma ganancia de voltaje del amplificador diferencial.

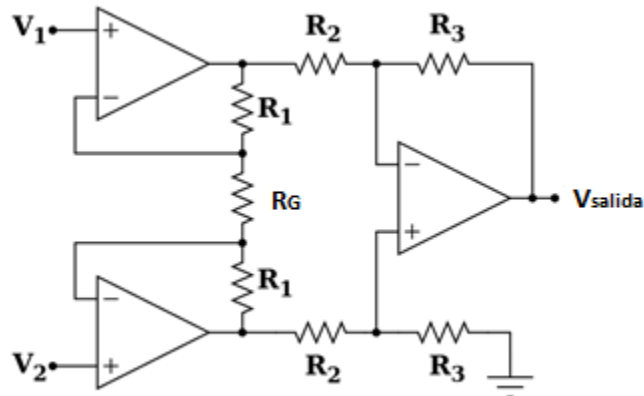


Imagen 4.21 diagrama de amplificador de instrumentación

El conjunto de ecuaciones que describen al amplificador de instrumentación se deduce a continuación:

$$\frac{V_0}{V_1 - V_2} = 1 + \frac{2}{a}$$

Ecuación 4.3 ganancia de un amplificador de instrumentación

Donde:

$$a = \frac{R_G}{R}$$

$$R = \sum R_{1-3}$$

R_G : Resistencia de ganancia

V_1 = entrada positiva

V_2 = entrada negativa

V_0 = Proporcionalidad entre la diferencia entre E_1 y E_2

Termopar tipo J

El termopar tipo J puede ser utilizado en atmosferas de vacío, reducción e inertes. se recomienda un calibre robusto (igual o mayor a 20) para prolongar la vida útil del cable sobre los 500 °C debido a que el elemento de hierro tiene alta oxidación a dichas temperaturas.

Máximo rango de temperatura

Grado termopar: 0 a 750 °C

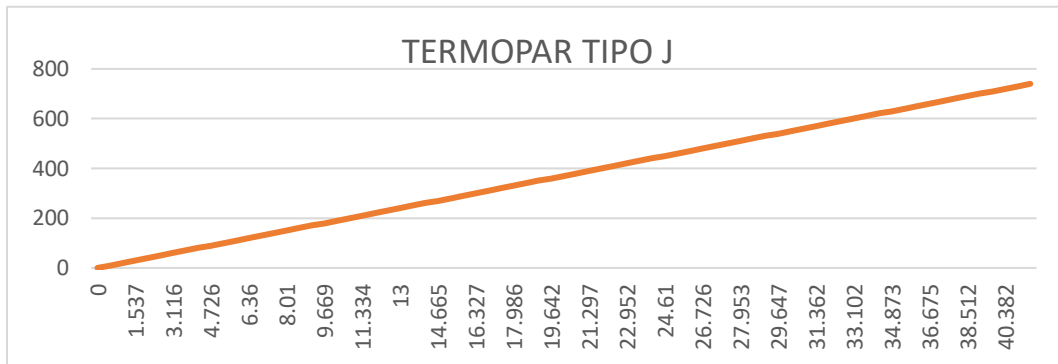
Grado de extensión: 0 a 200 °C

Límite de error

Estándar: 2.2 °C o 0.75%

Especial: 1.1 °C o 0.4%

Compensación de punta fría a 0 °C



Grafica 4.2 termopar tipo j, comportamiento de 0 a 740°C con salida de voltaje en milivolts



Imagen 4.22 Termopar tipo J

Desarrollo de la práctica

Materiales

- Un termopar tipo J
- Encendedor o fuente térmica < a 150
- Arduino uno
- Ni Elvis (se proporciona en laboratorio)
- Cable para protoboard calibre #22
- Pinzas de corte
- Circuito de la practica anterior
- 10 resistencias de 100 K Ω
- 10 resistencias de 100 Ω
- 2 amplificador Operacional NE5532

Trabajo de casa

Armar el siguiente amplificador de instrumentación

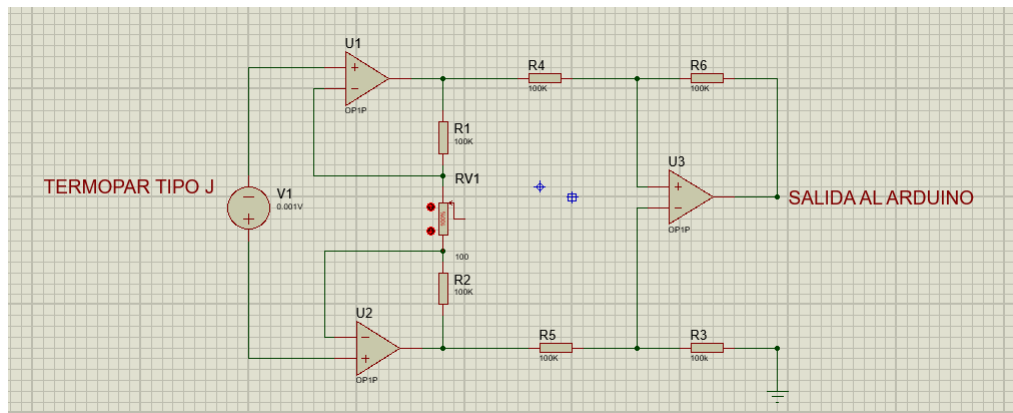


Imagen 4.23 diagrama amplificador de instrumentación con ganancia 1000

R1, R2, R3, R4, R6 = 100 K Ω

RV1 = 100 Ω

Este es un circuito amplificador con ganancia 1000 que sirve para mejorar la adquisición de la señal y hacer el acondicionamiento para la correcta lectura de nuestro Arduino.

NOTA: Revise bien sus conexiones y no usar jumpers ya que puede ser afectada la señal deseada

Trabajo en laboratorio

1. Abrir el software para programar el Arduino uno.
2. Insertar el siguiente código en el software y después grabarlo en su Arduino uno compilar y checar que funcione.

```
int analogico = A0;
int termopar = A1;
int sensor1 = 0;
int sensor = 0;
float tempt;
float diferencia;
float salida;

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
    sensor1 = analogRead(analogico);
    diferencia = sensor1 * 0.488;

    sensor = analogRead(termopar);
    tempt = sensor * 0.056;

    salida = tempt - diferencia;
    delay(10);

    Serial.println(salida,2);
    delay(40);
}
```

Código 2 programa para medir temperatura por medio de un termopar tipo J

3. Conecte la salida del circuito con el Im35 a la entrada a A0 del Arduino.
4. Conecte la salida del amplificador de instrumentación a la entrada A1 del Arduino.

5. ¿para que nos funciona el circuito con el lm35 en esta práctica?
6. Abra el serial plotter (observe, comente, dibuje.)
7. La grafica en esta parte tiene que ser lineal y así nos damos cuenta que el lm35 está cumpliendo con su finalidad.
8. Acerque una fuente térmica al termopar y compare con la grafica 1, (observe, comente, dibuje)
9. Abra el DMM y conecte la salida del Amplificador de instrumentación y compare la relación de mili volts-grado.
10. Explique porque en esta práctica se utiliza un termopar tipo J en lugar del sensor LM35 y cuáles son sus ventajas y desventajas.
11. El amplificador de instrumentación es más preciso que un amplificador convencional, esto ¿A que se debe?
12. Exprese sus conclusiones



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.4 Práctica 4 Medición de esfuerzos mediante galgas extensiométricas

Objetivo

Comprender el concepto de esfuerzo y la manera de medirlo utilizando el acondicionamiento de la señal obtenida por medio de un transductor de esfuerzos mecánicos (galga extensiométrica).

Conceptuales

Identificar los elementos que conforman un instrumento de medición de esfuerzos mecánicos.

Procedimentales

Construir un amplificador de instrumentación para amplificar el voltaje obtenido del transductor de esfuerzos mecánicos.

Usar modulo de pruebas NI Elvis de National Instruments

Usar el generador de funciones virtual para alimentar el circuito electrónico propuestos.

Usar el osciloscopio virtual para observar la respuesta del circuito propuesto.

Actitudinales

Desarrollar habilidades analíticas, críticas y de investigación.

Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Introducción

Fuerza

Las propiedades mecánicas son los parámetros que definen el comportamiento de los materiales frente a acciones mecánicas. Pueden variar con el tiempo (durabilidad y envejecimiento) o por las condiciones ambientales. El comportamiento de los materiales frente a acciones de tipo mecánico está ligado a su microestructura. Las propiedades se pueden determinar mediante ensayos de caracterización.

Cuando se aplica una carga sobre un material, este responde poniendo su microestructura en tensión para alcanzar el equilibrio (Principio de acción y reacción). La tensión se define como el esfuerzo mecánico que realiza un material para responder a una carga. Se mide en unidades de presión:

Existen varios tipos de esfuerzos mecánicos:

Con respecto a un eje (axiles): Compresión y Tracción.

Con respecto a un plano: Cortadura.

Giro de un par de fuerzas con respecto a un eje: Torsión.

Combinación de esfuerzos axiles: Flexión.

Tipos de esfuerzos

Compresión: Un cuerpo está sometido a un esfuerzo de compresión, cuando sobre él, actúa una fuerza que tiende a aplastarlo contra algo o cuando actúan dos fuerzas con direcciones opuestas, de manera que intenten oprimirlo. Los pilares y las columnas son ejemplo de elementos diseñados para resistir esfuerzos de compresión. Cuando se somete a compresión una pieza de gran longitud en relación a su sección, se arquea recibiendo este fenómeno el nombre de pandeo.

Tracción: Un cuerpo está sometido a un esfuerzo de tracción, cuando, sobre él, actúan dos fuerzas con direcciones opuestas, de manera que tienden a estirarlo. Los tensores son elementos resistentes que aguantan muy bien este tipo de esfuerzos.

Cortadura: Un cuerpo está sometido a un esfuerzo de cortadura, cuando, sobre él, actúan dos fuerzas con direcciones opuestas, que intentan reducir su medida en la dirección de las mismas. El ejemplo más claro de cortadura lo representa la acción de cortar con unas tijeras.

Torsión: Un cuerpo está sometido a un esfuerzo de torsión, cuando sobre él, al menos en uno de sus extremos actúa una fuerza que lo hace rotar sobre su propio eje. Es el caso del esfuerzo que sufre una llave al girarla dentro de la cerradura.

Flexión: Un elemento estará sometido a flexión, cuando actúen sobre él, cargas que tiendan a doblarlo. A este tipo de esfuerzo se ven sometidas las vigas de una estructura.

Celdas de carga

Una celda de carga es un transductor que convierte fuerza en una salida eléctrica que se puede medir. Aunque hay muchas variedades de celdas de carga, las celdas de carga a base de calibrador de tensión son de uso más frecuente.

Comparación de desempeño de celdas de carga					
Tipo	Rango de peso	Precisión (escala completa)	Aplicaciones	Puntos fuertes	Puntos débiles
Celdas de carga mecánicas					
Celdas de carga hidráulicas	Hasta 10,000,000 lb	0.25%	tanques, depósitos y tolvas. Áreas peligrosas.	Aceptan impactos fuertes, insensibles a la temperatura.	Costosas, complejas.
Celdas de carga neumáticas	Ancho	Alto	Industria alimenticia, áreas peligrosas	Intrínsecamente seguras. No contiene fluidos	Respuesta lenta. Requiere aire limpio y seco
Celdas de carga de calibrador de tensión					
Celdas de carga de viga flexible	10-5k lb	0.03%	Tanques, básculas de plataforma,	Bajo costo, construcción sencilla	Los calibradores de tensión están expuestos, requiere protección
Celdas de carga de viga de cortante	10-5k lb	0.03%	tanques, básculas de plataforma, cargas descentradas	Alto rechazo de carga lateral, mejor sellado y protección	
Celdas de carga de cartucho	hasta 500k lb	0.05%	Básculas para camión, tanque, riel y tolva	Maneja movimientos de carga	No hay protección contra carga horizontal
Celdas de carga de anillo y pastel	5-500k lb		Tanques, depósitos, básculas	Totalmente en acero inoxidable	No se permite movimiento de carga
Celdas de carga de botón y arandela	0-50k lb 0-200 lb típico	1%	Básculas pequeñas	Pequeñas, económicas	La carga debe ser centrada, no se permite movimiento de carga
Otras celdas de carga					

Helicoidal	0-40k lb	0.20%	Plataforma, montacargas, carga de rueda, peso de asiento de automóvil	Maneja cargas fuera del eje, sobrecarga, impacto	
Fibra óptica		0.10%	Cables de transmisión eléctrica, monturas en perno y tornillo	Inmunes a interferencia por radiofrecuencia/interferencia electromagnética y altas temperaturas, intrínsecamente seguras	
piezoresistivas		0.03%		Extremadamente sensible, alto nivel de señal de salida	Alto costo, salida no lineal

Tabla 4.3 comparación de desempeño de celdas de carga

Principios de operación de la celda de carga

Los diseños de celda de carga se pueden distinguir según el tipo de señal de salida generada (neumática, hidráulica, eléctrica) o según la manera en que detectan el peso (doblez, cizalla, compresión tensión, etc.)

Celdas de carga hidráulica

Son dispositivos equilibrados en fuerza, que miden el peso como un cambio en la presión del fluido de relleno interno. En una celda de carga hidráulica de tipo de diafragma, una carga o fuerza que actúa en una cabeza de carga se transfiere a un pistón que a su vez comprime un fluido de relleno confinado dentro de una cámara de diafragma de polímero elástico. A medida que aumenta la fuerza, la presión del fluido hidráulico aumenta. Esta presión se puede indicar en forma local o transmitir para indicación o control remotos. La salida es lineal y relativamente no es afectada por la cantidad de fluido de relleno ni su temperatura.

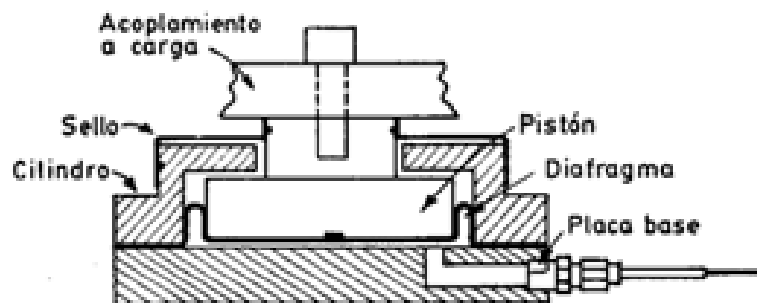


Imagen 4.24 celda de carga hidráulica

Celdas de carga neumáticas

Son dispositivos que también funcionan con el principio de equilibrio de fuerza. Estos dispositivos usan varias cámaras de amortiguación para proporcionar mayor precisión que un dispositivo hidráulico. En algunos diseños, la primera cámara amortiguadora se usa como una cámara de peso de tara.

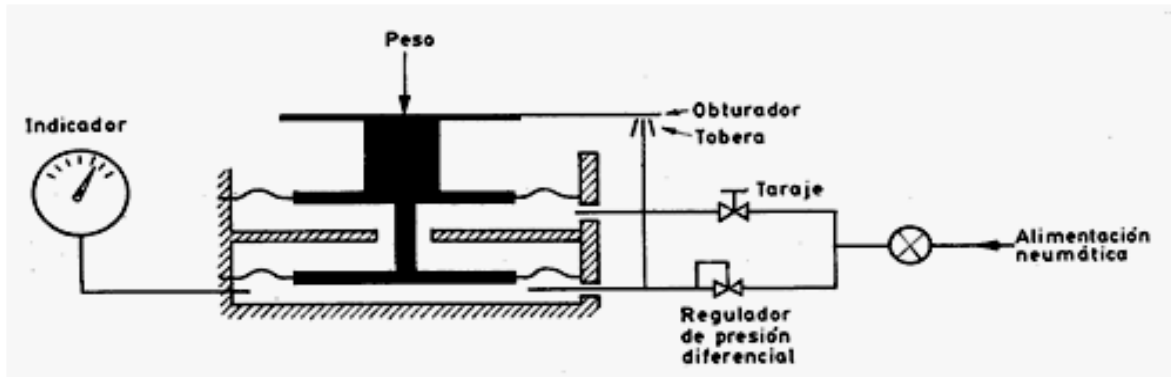


Imagen 4.25 celda de carga Neumática

Celdas de carga de calibrador de tensión

Convierten la carga que actúa en ellas en señales eléctricas. Los calibradores en sí están unidos a un haz o elemento estructural que se deforma cuando se aplica peso. En casi todos los casos, se usan cuatro calibradores de tensión para obtener la máxima sensibilidad y compensación de temperatura. Dos de los calibradores normalmente están en tensión y dos en compresión, y están cableados con ajustes de compensación. Cuando se aplica peso, la tensión cambia la resistencia eléctrica de los calibradores en proporción a la carga.

Galga extensiométrica

Las galgas extensiométricas son sensores cuya resistencia eléctrica varía en función del esfuerzo mecánico al que están sometidas. Este tipo de sensores son los elementos más importantes en el diseño de transductores de presión y células de carga.

En términos eléctricos, todas las galgas extensiométricas de resistencia eléctrica pueden ser consideradas como una longitud de conducto en el material, ó como un cable. Cuando una longitud de cable es sujeta a la tensión dentro de su límite de tensión, esta longitud se incrementa con el correspondiente decremento de su diámetro y cambio de su resistencia eléctrica, si el material conductor es unido a un elemento elástico bajo deformación entonces el cambio en la resistencia puede ser medido, y usado para calcular la fuerza desde la calibración del elemento.

Los materiales más usados para la manufactura de las galgas son las aleaciones de Cobre-Níquel, Níquel-Cromo, Níquel-Cromo-Molibdeno y Platino-Tungsteno y generalmente se refieren a ellas por el nombre de su marca. Ahí hay una gran variedad de galgas extensiométricas de resistencia eléctrica disponibles para varias aplicaciones, algunas de las cuales están descritas abajo.

Cada galga extensiométrica es diseñada para medir la deformación a lo largo de un eje claramente definido, por lo que puede ser alineado adecuadamente.

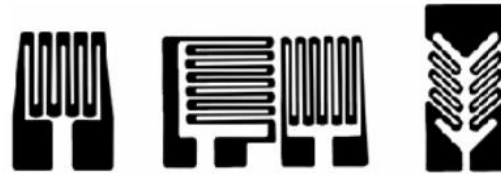


Imagen 4.26 patrones de extensómetros de hoja

(Pantoja, 2004)

Desarrollo de la práctica

Materiales

- Sensor YZC-131
- Arduino uno
- Ni Elvis (se proporciona en el laboratorio)
- Alambre para protoboard calibre #22
- Pinzas de corte
- 2 circuitos integrados NE-5532 u otro Opamp Dual
- 4 resistencias de 500 K Ω
- 1 resistencia de 10 Ω
- 1 potenciómetro de 1 K Ω

Sensor YZC-131

Es un sensor de carga que funciona por medio de galgas extensiométricas las cuales están adaptadas a una placa de acero con cierto grado de deformación, su máximo rango de peso esta en los 5 Kg. Antes de lograr una deformación permanente.

Celda de carga tipo barra

Usada para medir peso y fuerza

Material de aluminio

Capacidad nominal max: 5 kg

Precisión: 0.05%

Salida nominal: 1 ± 0.15 mV/V

Impedancia de entrada: 1000 ± 50 Ω

Impedancia de salida: 1000 ± 50 Ω

Voltaje de excitación nominal: 5 V DC

Sobrecarga segura: 120%

Sobrecarga máx: 150%

Longitud de los cables: 21 cm

Dimensiones: 75 mm x 12.7 mm x 12.7 mm



Imagen 4.27 sensor YZC-131

Conexiones

Cable blanco – señal positiva

Cable verde – señal negativa

Cable rojo – voltaje positivo

Cable negro – voltaje negativo

Trabajo en casa

1. desarrollar un amplificador con ganancia 100 como se muestra en la siguiente figura

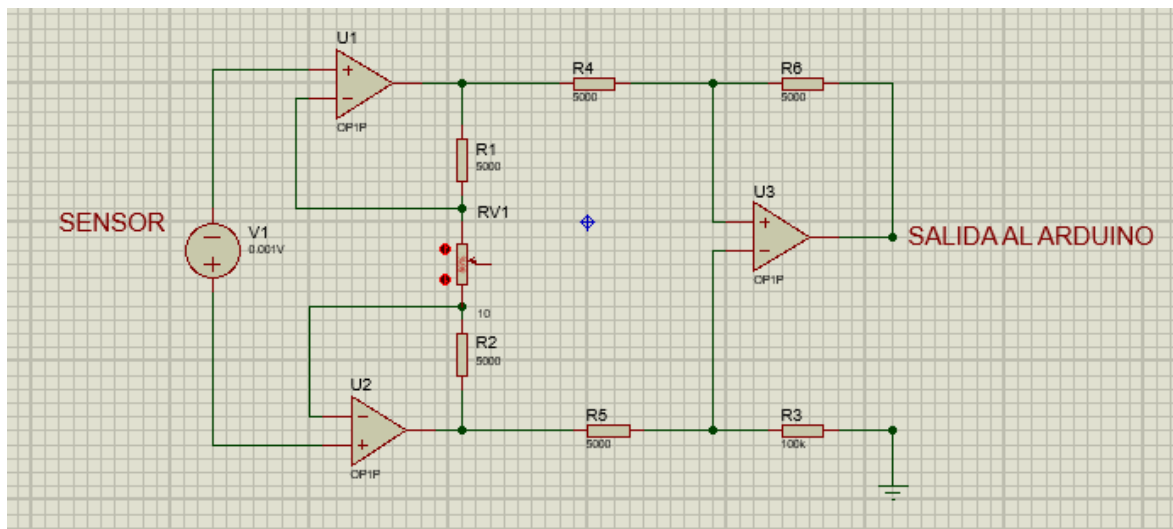


Imagen 4.28 diagrama de un amplificador de instrumentación de ganancia 100

El diagrama de un amplificador de instrumentación que nos sirve para mejorar la adquisición de la señal y así lograr un acondicionamiento de señal correcto para lograr una mejor lectura con el Arduino.

Nota: revise bien sus conexiones, no usar jumpers ya que puede ser afectada la señal deseada.

Trabajo en el laboratorio

1. Abrir el software para programar Arduino
2. Insertar el siguiente código en el software y después grabarlo en su Arduino

```
int fuerza = A0;
int sensor = 0;
float salida;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  sensor = analogRead(fuerza);
  salida = sensor * 0.050;
  delay(10);
}
```

```
Serial.println(salida,2);  
delay(40);  
}
```

Código 3 Programa para medir fuerza por medio de una galga extensiométrica

3. Compilar y comprobar que funcione
4. Abra el DMM de Ni Elvis y mida la señal de salida del amplificador de instrumentacion, compruebe que este tenga ganancia 100
5. De manera teórica compruebe porque el amplificador tiene ganancia 100 y compare con lo obtenido en el DMM

6. Conecte el sensor al amplificador y adáptelo al Arduino en la entrada A0

7. Abra el serial plotter del software de Arduino y aplique un peso constante en el sensor YZC-131 (observe, comente y dibuje)
8. Con un dedo presione el sensor hasta lograr un peso aproximado a 5 Kg y observe en el serial plotter (dibuje)

9. Compare la relación entre el voltaje medido en el DMM a la salida del amplificador de instrumentación y el grafico obtenido en el serial plotter

10. Exprese sus conclusiones



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.5 Práctica 5 Medición de velocidad angular con encoder

Objetivo

Demostrar las características de operación de un sistema de medición de velocidad compuesto por un encoder y un sensor de barrera.

Conceptuales

Identificar los elementos que conforman un sensor de velocidad.

Procedimentales

Construir un sensor de velocidad utilizando un sensor de barrera.

Usar módulo de pruebas NI Elvis de National Instruments

Usar el generador de funciones virtual para alimentar el circuito electrónico propuestos.

Usar el osciloscopio virtual para observar la respuesta del circuito propuesto.

Actitudinales

Desarrollar habilidades analíticas, críticas y de investigación.

Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Introducción

Velocidad

El concepto de velocidad está asociado al cambio de posición de un cuerpo a lo largo del tiempo. Cuando necesitamos información sobre la dirección y el sentido del movimiento, así como su rapidez recurrimos a la velocidad.

La velocidad es una magnitud vectorial y, como tal, se representa mediante flechas que indican la dirección y sentido del movimiento que sigue un cuerpo y cuya longitud representa el valor numérico o módulo de la misma. Depende del desplazamiento, es decir, de los puntos inicial y final del movimiento, y no como la rapidez, que depende directamente de la trayectoria.

Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el metro por segundo (m/s), esto quiere decir que cuando por ejemplo afirmamos que la velocidad (módulo) de un cuerpo es de 5 metros por segundo (m/s), estamos indicando que cada segundo ese mismo cuerpo se desplaza 5 metros.

La velocidad puede definirse como la cantidad de espacio recorrido por unidad de tiempo con la que un cuerpo se desplaza en una determinada dirección y sentido. Se trata de un vector cuyo módulo, su valor numérico, se puede calcular mediante la expresión:

$$\frac{\Delta r}{\Delta t} = V$$

Ecuación 4.4 ecuación de la velocidad

Donde:

V: Módulo de la velocidad del cuerpo. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el metro por segundo (m/s)

Δr : Módulo del desplazamiento. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el metro (m)

Δt : Tiempo empleado en realizar el movimiento. Su unidad de medida en el Sistema Internacional (S.I.) es el segundo (s)

(Fernández, 2013)

Encoders

Los encoders son sensores digitales que miden la posición de los sistemas mecánicos con servomotores, la tecnología del encoder es optoelectrónica por lo que también se les denomina encoders ópticos que a su vez se clasifican en incrementales y absolutos.

Un encoder óptico consta básicamente de una fuente de luz conformada por un arreglo de diodos LED que se encuentran frente a un disco giratorio con ranuras. la fuente de luz comúnmente son led de luz infrarroja con longitudes de onda $\lambda=7000 \text{ \AA}$ que pasan por las ranuras del disco giratorio hacia los elementos fotodetectores (fototransistores) que se encuentran en el respaldo del disco. El disco giratorio este acoplado al motor para que gire de la misma forma y por lo tanto al girar el disco interrumpe el haz de luz, cambiando de estado la salida, de ahí que el disco se le conozca como disco fotointerruptor, entonces el encoder óptico puede producir como señal de salida un tren de pulsos proporcional al ángulo de giro del rotor o una palabra digital codificada en el formato binario. Esta señal de salida se acopla directamente a un microprocesador o interfaz electrónica de un sistema mínimo para ser empleada por algoritmos de control.

(Cortez, Monjaras, & Soto, 2013)

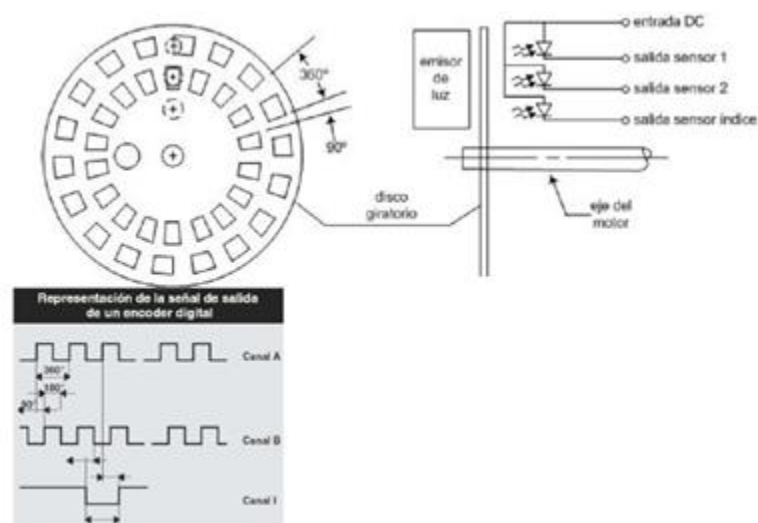


Imagen 4.29 encoders incrementales ópticos

Tipos de encoders

Codificadores incrementales.

Un vidrio o disco de código montado sobre el eje codificador rota entre una fuente de luz interna, típicamente un diodo emisor de luz (LED), en un lado y una máscara y un sistema fotodetector sobre el lado opuesto. El disco de código incremental contiene una plantilla de segmentos opacos y transparentes igualmente distanciados, o un esquema radial partiendo desde su centro como se muestra. Las señales electrónicas que son generadas por la plaqueta electrónica del codificador son alimentadas en un controlador de movimiento que calcula la posición y velocidad para propósitos de retroalimentación.

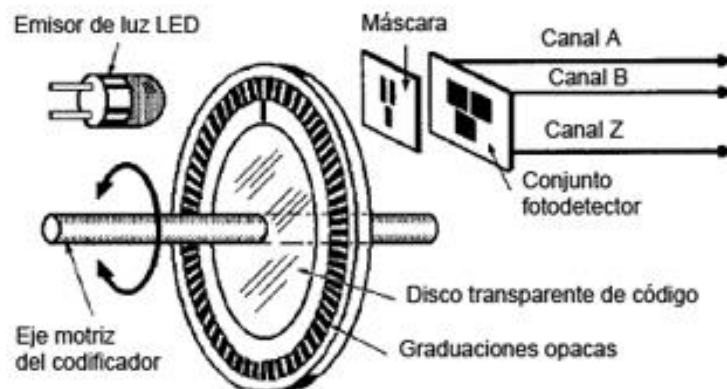


Imagen 4.30 representación de un codificador incremental

El codificador de cuadratura es el tipo más común de codificador incremental. La luz del LED que pasa a través del disco de código rotativo y la máscara es “recortada” antes de alcanzar el sistema fotodetector. Las señales de salida del conjunto son convertidas en pulsos cuadrados de dos canales (A y B). El número de pulsos cuadrados en cada canal es igual al número de segmentos de disco de código que pasa los fotodetectores a medida que el disco rota, pero las formas de onda están 90° fuera de fase. Si, por ejemplo, los pulsos en el canal A adelantaron a los del canal B, el disco está rotando en dirección horaria, pero si los pulsos en el canal A se retrasan a aquellos del canal B, el disco está rotando en sentido antihorario. Al monitorear tanto el número de pulsos como las fases relativas de las señales A y B, tanto la posición como la dirección pueden ser determinadas.

Muchos codificadores incrementales de cuadratura incluyen además un tercer canal de salida Z para obtener una referencia cero p señal índice que ocurre una vez por revolución. Este canal puede ser sincronizado a los canales A y B de cuadratura y usado para disparar ciertos eventos dentro del sistema La señal puede además ser usada para alinear el eje codificador a una referencia mecánica.

Codificadores absolutos.

Todos los codificadores ópticos de desplazamiento angular del eje contienen múltiples fuentes de luz y fotodetectores, y un disco de código de hasta 20 pistas de sectores segmentados dispuestos en anillos. El disco de código proporciona una salida binaria que define unívocamente cada ángulo de giro del eje, proporcionando así una medición absoluta. Este tipo de codificador está organizado esencialmente en la misma forma que el codificador incremental mostrado anteriormente, pero el disco de código rota entre arreglos lineales de leds y fotodetectores dispuestos radialmente, y un led se opone a un fotodetector por cada pista del anillo.

Las longitudes de arco de los sectores transparentes y opacos disminuyen con respecto a la distancia radial desde el eje. Estos discos, también hechos de vidrio o plástico, producen ambos el código binario o Gray. La precisión de la posición del eje es proporcional al número de anillos o pistas sobre el disco. Cuando el disco de código rota, la luz que pasa a través de cada pista o anillo genera una continua corriente de señales sobre el arreglo detector. La plaqueta electrónica convierte esa salida en una palabra binaria. El valor de la palabra de código de salida es leído radialmente desde el bit más significativo en el anillo interno del disco al bit menos significativo en el anillo exterior del disco.

La principal razón para seleccionar un codificador absoluto sobre un codificador incremental es que el disco de código retiene la última posición angular del eje del codificador en cualquier momento que se detenga, cuando el sistema es parado deliberadamente o como resultado de una falla de alimentación. Esto significa que la última lectura es reservada; un factor importante para muchas aplicaciones.

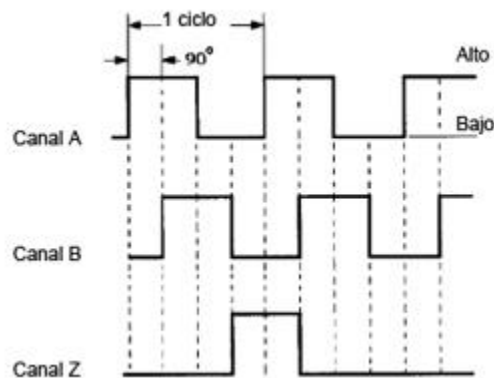


Imagen 4.31 los canales A y B proveen detección de posición bidireccional. Si el canal A adelanta al canal B, la dirección es en sentido horario; si el canal B adelanta al canal A, la dirección es en sentido antihorario. El canal Z proporciona una referencia cero para la determinación de las rotaciones del disco

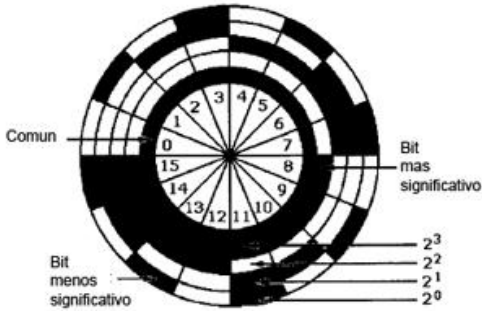


Imagen 4.32 Disco de un código binario para un codificador óptico.

Codificadores lineales

Los codificadores lineales pueden hacer mediciones directas precisas de movimientos unidireccionales y movimientos recíprocos de mecanismos con elevada resolución y repetibilidad. Una unidad móvil de escaneo contiene la fuente de luz, lente, retícula de escaneo de vidrio graduada, y un conjunto de fotocélulas. La escala, típicamente diseñada como una banda de vidrio con graduaciones opacas, está pegada a una estructura de soporte sobre la máquina de contención.

Un haz de luz de la fuente lumínica pasa a través de la lente, cuatro aberturas de la retícula de escaneo, y la escala de vidrio al arreglo de fotocélulas. Cuando la unidad de escaneo se mueve, la escala modula el haz de luz de manera que las fotocélulas generan señales sinusoidales.

Las cuatro aberturas en la retícula de escaneo están separadas 90° en fase. El codificador combina la señal de fase cambiada para producir dos salidas sinusoidales simétricas que están separadas 90° en fase. Un quinto diseño sobre la retícula de escaneo tiene una graduación aleatoria que, al estar alineada con una marca de referencia idéntica, genera una señal de referencia.

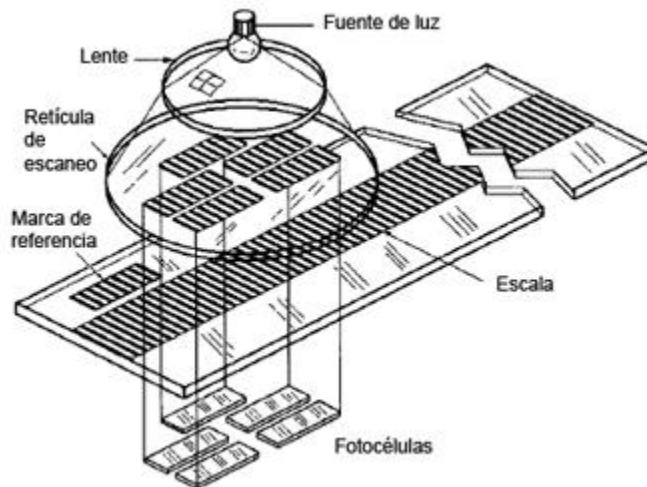


Imagen 4.33 Los codificadores lineales ópticos dirigen la luz a través de una escala de vidrio móvil con graduaciones grabadas hacia las fotocélulas sobre el lado opuesto para conversión a un valor de distancia.

Codificadores magnéticos

Los codificadores magnéticos pueden ser hechos ubicando un imán permanente polarizado transversalmente en cercana proximidad a un dispositivo de efecto Hall (HED o Hall-effect device). En la figura se muestra un imán colocado sobre un eje de motor muy cercano a un conjunto HED de dos canales el cual detecta cambios en la densidad de flujo magnético a medida que el imán rota. Las señales de salida de los sensores son transmitidas a los controladores de movimiento. La salida del codificador, como una onda cuadrada o como onda casi sinusoidal (dependiendo del tipo de dispositivo magnético de censado) puede ser usada para contar las revoluciones por minuto (rpm) o determinar la precisión del eje del motor. El cambio de fase entre los canales A y B les permite ser comparados por el controlador de movimiento a fin de determinar la dirección de rotación del eje del motor.

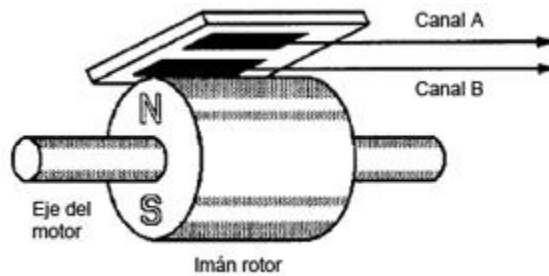


Imagen 4.34 dispositivo Efecto Hall

(Sapiensman, 2017)

Desarrollo de la practica

Materiales

- Encoder de 64 ranuras
- Motor de CD 3 a 6V
- Protoboard
- Alambre para protoboard
- Arduino uno
- Sensor de barrera (H21A1)
- Ni Elvis

Sensor de barrera H21A1

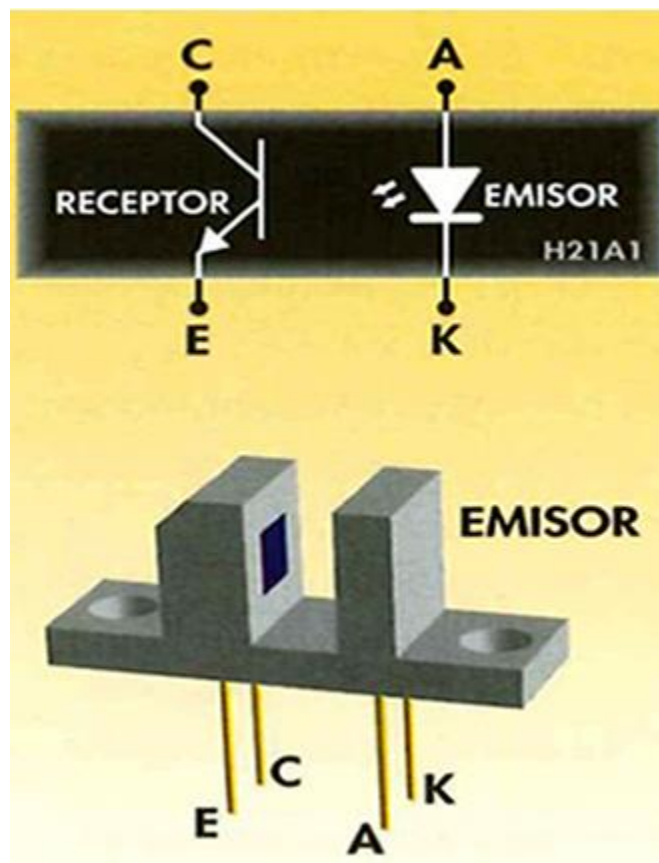


Imagen 4.35 configuración de pines del sensor de barrera

El H21A1 es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz.

Consiste en un diodo emisor de luz infrarroja y un fototransistor que se encuentran en una carcasa plástica, el empaque esta diseñado para aumentar la resolución, el rechazo a la luz ambiental y aumentar la confiabilidad.

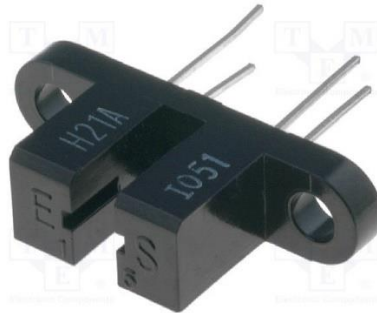


Imagen 4.36 sensor de barrera H21A1

Trabajo de casa

Hacer el acoplamiento del encoder, el motor y el sensor de barrera como se muestra en la imagen 4.37

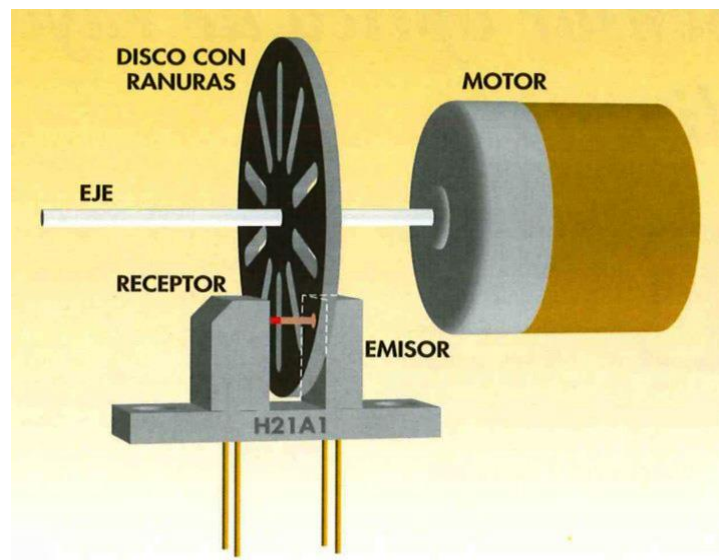


Imagen 4.37 acoplamiento de motor con encoder y sensor de barrera

Nota: el disco tiene que quedar bien alineado en la ranura del sensor para que la lectura sea correcta

Trabajo en laboratorio

1. Abrir el software para programar Arduino
2. Insertar el siguiente código en el software y después grabarlo en su Arduino

```
const byte interruptPin = 2;
volatile unsigned int contador;
float velocidad;
int pinLed = 3;
int duty;
float ciclo;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(interruptPin, INPUT_PULLUP);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(interruptPin), contar, FALLING);
  velocidad=0;
  duty=70;
}
void loop() {
  velocidad=contador;
  velocidad=velocidad/84;
  velocidad=velocidad*60;
  velocidad=velocidad*5; //Este factor es para ajustar la medicion a un segundo
  if(velocidad==0 || velocidad<=1200){
    duty==duty++;
  }
  if(velocidad>1200){
    duty==duty--;
  }

  if(duty>200){
    duty=60;
  }
  ciclo=duty/2.55;
  analogWrite(pinLed, duty);
  Serial.print("Velocidad: ");
  Serial.print(velocidad);
  Serial.println(" R.P.M.");
  Serial.println("Ciclo de trabajo: ");
  Serial.print(ciclo);
```

```
Serial.println("%");  
Serial.println(" ");  
contador = 0;  
velocidad=0;  
delay(200);  
}  
void contar(){  
  contador ++;  
}
```

Código 4 Programa para medir velocidad con sensor de barrera

3. Compilar y comprobar que funcione
4. Conecte su acoplamiento del sensor, encoder y motor con el Arduino uno
5. Abra el serial plotter de Arduino (observe, comente y dibuje)
6. Aplique una ligera carga con un dedo en el encoder
7. Dibuje la gráfica en el serial plotter y comente lo sucedido
8. Exprese sus conclusiones



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.6 Práctica 6 Medición electrónica de presión

Objetivos

Comprender el funcionamiento y uso del tubo de burdon en la variable presión

Conceptuales

Identificar las características del sensor- transductor MPX5700 para la variable presión.

Procedimentales

Construir un sistema de control on-off que tenga como variable de entrada la presión existente en un tanque

Usar módulo de pruebas NI Elvis de National Instruments

Usar el generador de funciones virtual para alimentar el circuito electrónico propuestos.

Usar el osciloscopio virtual para observar la respuesta del circuito propuesto.

Actitudinales

Desarrollar habilidades analíticas, críticas y de investigación.

Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Introducción

Presión

Presión (símbolo p) es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

Definición

Presión es la fuerza normal por unidad de área, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie, y está dada por:

$$p = \frac{f}{a}$$

Ecuación 4.5 expresión para calcular la presión

donde p es la fuerza de presión, f es la fuerza normal, es decir perpendicular a la superficie y a es el área donde se aplica la fuerza.

Unidades

Las unidades de presión son:

En el sistema internacional de unidades (S.I.) la unidad de presión es el pascal que equivale a la fuerza normal de un newton cuando se aplica en un área de un metro cuadrado. $1 \text{ pascal} = 1 \text{ n/m}^2$ y un múltiplo muy usual es el kilopascal (Kpa.) que equivale a 100 n/m^2 o 1000 pascales y su equivalente en el sistema inglés es de 0.145 lb/in^2 .

Experiencia de Torricelli

Para medir la presión atmosférica, Torricelli empleó un tubo largo cerrado por uno de sus extremos, lo llenó de mercurio y le dio la vuelta sobre una vasija de mercurio. el mercurio descendió hasta una altura $h = 0.76 \text{ m}$ al nivel del mar. dado que el extremo cerrado del tubo se encuentra casi al vacío $p = 0$, y sabiendo la densidad del mercurio es 13.55 g/cm^3 ó 13550 kg/m^3 podemos determinar el valor de la presión atmosférica.

Tipos de presión

Presión atmosférica

Es el peso de la columna de aire al nivel del mar. $p_{\text{atm.}} = 1 \text{ atm.} = 760 \text{ mm-hg} = 14.7 \text{ lb/in}^2 \text{ (psi)} = 30 \text{ in-hg} = 2116 \text{ lb/ft}^2$

Presión barométrica

Es la presión que se mide mediante un barómetro el cual se puede usar como un altímetro y puede marcar la presión sobre o bajo el nivel del mar.

Presión manométrica

Es la presión que se mide en un recipiente cerrado o tanque.

Presión absoluta y relativa

En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica, denominándose presión relativa, presión normal, presión de gauge o presión manométrica. consecuentemente, la presión absoluta es la presión atmosférica más la presión manométrica (presión que se mide con el manómetro).

Unidades de medida, presión y sus factores de conversión

La presión atmosférica media es de 101 325 pascales (101,3 kpa), a nivel del mar. 1 atm = 1,01325 bar = 101325 pa = 1 kg/cm² y 1 m.c.a = 9.81 kpa

	pascal	bar	n/mm ²	kp/m ²	kp/cm ²	atm	torr
1 pa (n/m ²) =	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	0,102	0,102×10 ⁻⁴	0,987×10 ⁻⁵	0,0075
1 bar (dan/cm ²) =	100000	1	0,1	1020	1,02	0,987	750
1 n/mm ² =	106	10	1	1,02×10 ⁵	10,2	9,87	7500
1 kp/m ² =	9,81	9,81×10 ⁻⁵	9,81×10 ⁻⁶	1	10 ⁻⁴	0,968×10 ⁻⁴	0,0736
1 kp/cm ² =	98100	0,981	0,0981	10000	1	0,968	736
1 atm (760 torr) =	101325	1,01325	0,1013	10330	1,033	1	760
1 torr (mmhg) =	133	0,00133	1,33×10 ⁻⁴	13,6	0,00136	0,00132	1

Tabla 4.4 Unidades de presión y sus factores de conversión

Las obsoletas unidades manométricas de presión, como los milímetros de mercurio, están basadas en la presión ejercida por el peso de algún tipo estándar de fluido bajo cierta gravedad estándar. las unidades de presión manométricas no deben ser utilizadas para propósitos científicos o técnicos, debido a la falta de repetibilidad inherente a sus definiciones. también se utilizan los milímetros de columna de agua (mm c.d.a.).

Presión de un fluido

Un sólido es un cuerpo rígido y puede soportar que se le aplique fuerza sin que cambie sensiblemente su forma, un líquido solo puede soportar que se le aplique fuerza en una superficie o frontera cerrada si el fluido no está restringido en su movimiento, empezará a fluir bajo el efecto del esfuerzo cortante en lugar de deformarse elásticamente.

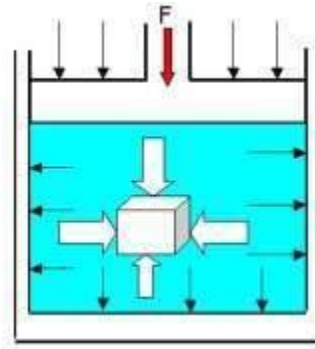


Imagen 4.38 los líquidos ejercen presión en todas direcciones

La fuerza que ejerce un fluido sobre las paredes del recipiente que lo contiene actúa siempre en forma perpendicular a las paredes.

La presión de un líquido a cierta profundidad es la misma en todo el fluido a esa profundidad y es igual al peso de la columna del fluido a esa altura. matemáticamente tenemos que: $w = dv$ donde w es el peso de la columna del líquido d es la densidad de peso o peso específico del mismo y v es el volumen de la columna. pero $v = ah$, es decir área de la base por la altura, entonces $w=dah$ y si $p=w/a$, o $p=dah/a$ simplificando a la presión de un líquido quedaría $p=dh$ o $p=gh$

En otras palabras, la presión del fluido en cualquier punto es directamente proporcional a la densidad del fluido y a la profundidad bajo la superficie de este.

Propiedades de la presión en un medio fluido

La fuerza asociada a la presión en un fluido ordinario en reposo se dirige siempre hacia el exterior del fluido, por lo que debido al principio de acción reacción, resulta en una compresión para el fluido, jamás una tracción.

La superficie libre de un líquido en reposo (y situado en un campo gravitatorio constante) es siempre horizontal. eso es cierto sólo en la superficie de la tierra y a simple vista, debido a la acción de la gravedad no es constante. si no hay acciones gravitatorias, la superficie de un fluido es esférica y, por tanto, no horizontal.

En los fluidos en reposo, un punto cualquiera de una masa líquida está sometida a una presión que es función únicamente de la profundidad a la que se encuentra el punto.

Aplicaciones

Frenos hidráulicos

Los frenos hidráulicos de los automóviles son una aplicación importante del principio de pascal. la presión que se ejerce sobre el pedal del freno se transmite a través de todo el líquido a los pistones los cuales actúan sobre los discos de frenado en cada rueda multiplicando la fuerza que ejercemos con los pies.

Refrigeración

La refrigeración se basa en la aplicación alternativa de presión elevada y baja, haciendo circular un fluido en los momentos de presión por una tubería. cuando el fluido pasa de presión elevada a baja en el evaporador, el fluido se enfría y retira el calor de dentro del refrigerador.

Como el fluido se encuentra en un ciclo cerrado, al ser comprimido por un compresor para elevar su temperatura en el condensador, que también cambia de estado a líquido a alta presión, nuevamente está listo para volverse a expandir y a retirar calor (recordemos que el frío no existe es solo una ausencia de calor).

Neumáticos de los automóviles

Se inflan a una presión de 310.263,75 pa, lo que equivale a 30 psi (utilizando el psi como unidad de presión relativa a la presión atmosférica). esto se hace para que los neumáticos tengan elasticidad ante fuertes golpes (muy frecuentes al ir en el automóvil). el aire queda encerrado a mayor presión que la atmosférica dentro de las cámaras (casi 3 veces mayor), y en los neumáticos más modernos entre la cubierta de caucho flexible y la llanta que es de un metal rígido.

Presión ejercida por los líquidos

La presión que se origina en la superficie libre de los líquidos contenidos en tubos capilares, o en gotas líquidas se denomina presión capilar. Se produce debido a la tensión superficial. en una gota es inversamente proporcional a su radio, llegando a alcanzar valores considerables.

Por ejemplo, en una gota de mercurio de una diezmilésima de milímetro de diámetro hay una presión capilar de 100 atmósferas. la presión hidrostática corresponde al cociente entre la fuerza normal f que actúa, en el seno de un fluido, sobre una cara de un cuerpo y que es independiente de la orientación de ésta.

Depende únicamente de la profundidad a la que se encuentra situado el elemento considerado. la de un vapor, que se encuentra en equilibrio dinámico con un sólido o líquido a una temperatura cualquiera y que depende únicamente de dicha temperatura y no del volumen, se designa con el nombre de presión de vapor o saturación.

(Ecured, 2017)

Sensores e instrumentación

Debemos tener en cuenta los distintos tipos de dispositivos que se emplean para control de presión:

Sensores presión: dispositivos que entregan una señal de pequeño nivel que varía con el valor de la presión presente en su puerto de lectura.

Transmisores de presión: basados en un elemento sensor de presión, incorporan una electrónica que entrega una señal (analógica o digital) con formato estándar industrial que indica el valor de la presión presente en su puerto de lectura.

Presostatos: también llamados interruptores por presión (presión switches), son dispositivos que activan un contacto al alcanzarse un determinado nivel de presión en su puerto de lectura.

Manómetros digitales: son la alternativa de precisión a los tradicionales manómetros “de aguja” basados en tubos Bourdon. Se componen de un sensor de presión y de una pantalla que presenta las lecturas. Suelen alimentarse mediante baterías internas.

Barómetros: son sensores de presión específicamente diseñados para medir la presión atmosférica.

Todos ellos (salvo los barómetros) suelen estar disponibles en tres modos distintos: lectura absoluta, relativa a 1 bar o relativa a la presión atmosférica. Es decir, el punto cero de la escala sería el vacío absoluto, 1 bar o la presión atmosférica del entorno, respectivamente. La precisión (margen de error) de los dispositivos suele expresarse en función del fondo de escala, habiendo dispositivos del 0.5%, 0.25% y hasta 0.05%.

(MAPRO Ingeniería S.A., 2018)

Desarrollo de la practica

Materiales

- Sensor MPX – 5700
- Compresor de aire 12V
- Kit de tubos PVC con manómetro (se proporciona en laboratorio)
- Protoboard
- Alambre para protoboard
- Ni Elvis
- Arduino uno
- Transistor 2N222A
- Diodo 1N4001
- Relevador electrónico
- Fuente de alimentación a 12 V 3 A (se puede proporcionar en laboratorio)

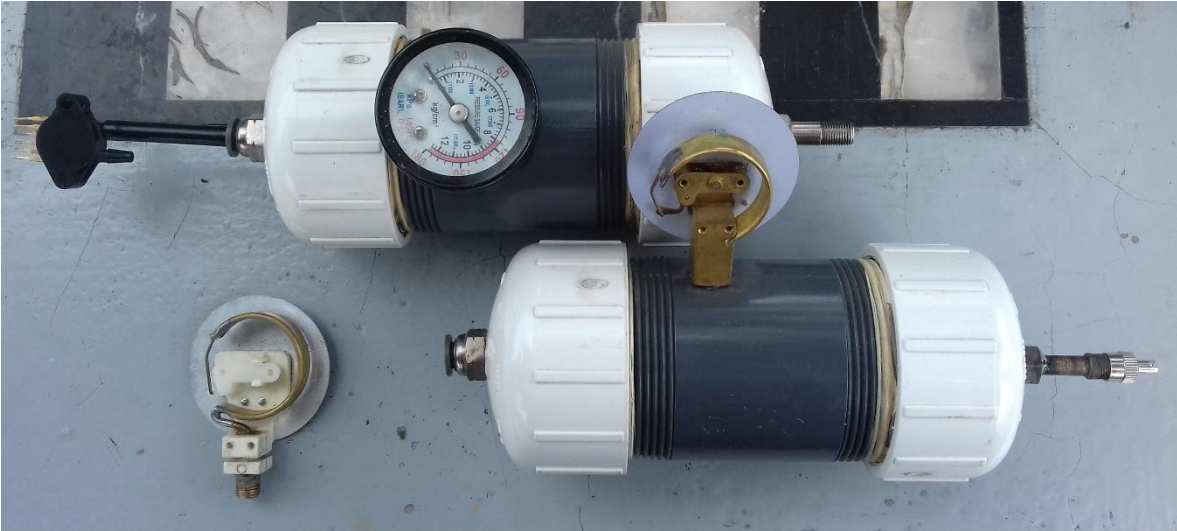


Imagen 4.39 Kit tubos PVC

Trabajo en casa

1. Armar el siguiente circuito

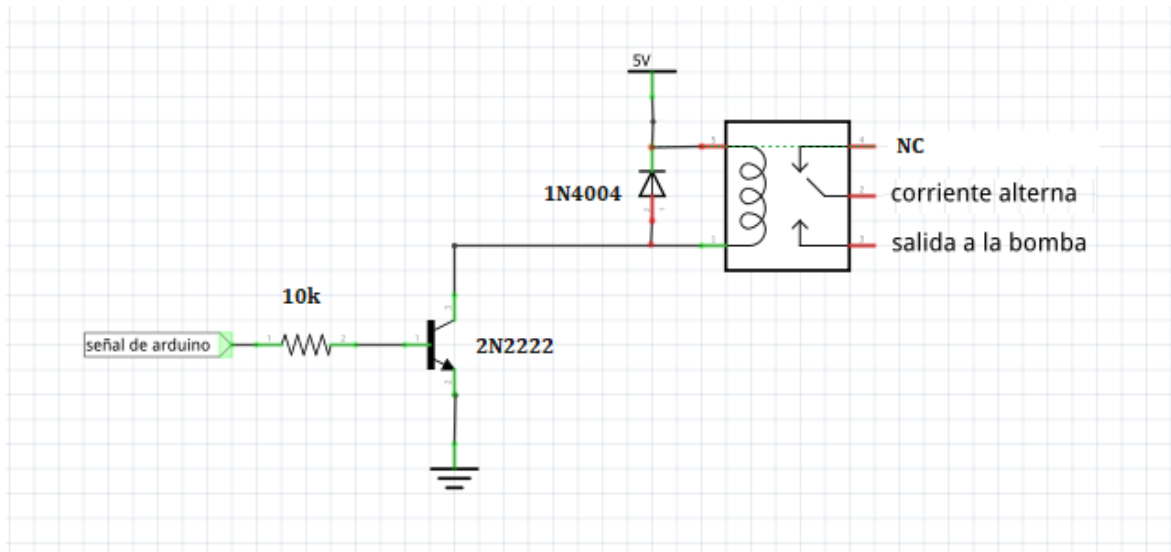


Imagen 4.40 etapa de control para el compresor

Tomando en cuenta que:

- El transistor tiene la siguiente configuración:

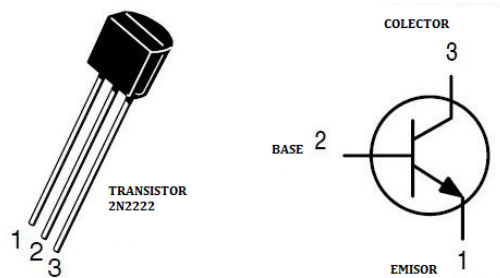


Imagen 4.41 transistor 2N2222A

- El diodo se polariza en configuración inversa en paralelo con la bobina para evitar corrientes de retorno

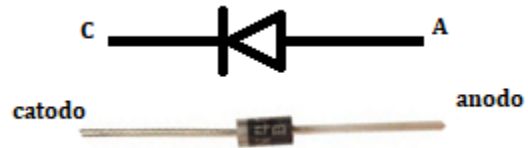


Imagen 4.42 imagen y símbolo del diodo rectificador

- investigar que es un compresor, para que sirve y maneras de controlarlo.



Imagen 4.43 compresor de aire

Trabajo en laboratorio

- Acoplar como se muestra en la imagen el sensor MPX5700 y el tubo de PVC.



Imagen 4.44 acoplamiento del sensor MPX5700

2. Conecte la señal del sensor al multímetro del NI Elvis
3. Verifique que sus conexiones sean correctas y energice el circuito
4. Calcule la presión medida por el sensor MPX5700 en función del Voltaje medido por el NI Elvis
5. Compare el valor calculado con el valor mostrado en el instrumento de caratula del Kit de PVC
6. Abrir el software de Arduino y grabar el código que se encuentra al final de la practica
7. Conectar el sensor MPX5700 con el Arduino

NOTA: si el sensor es conectado de manera incorrecta sufre daño irreversible y será repuesto por el equipo responsable

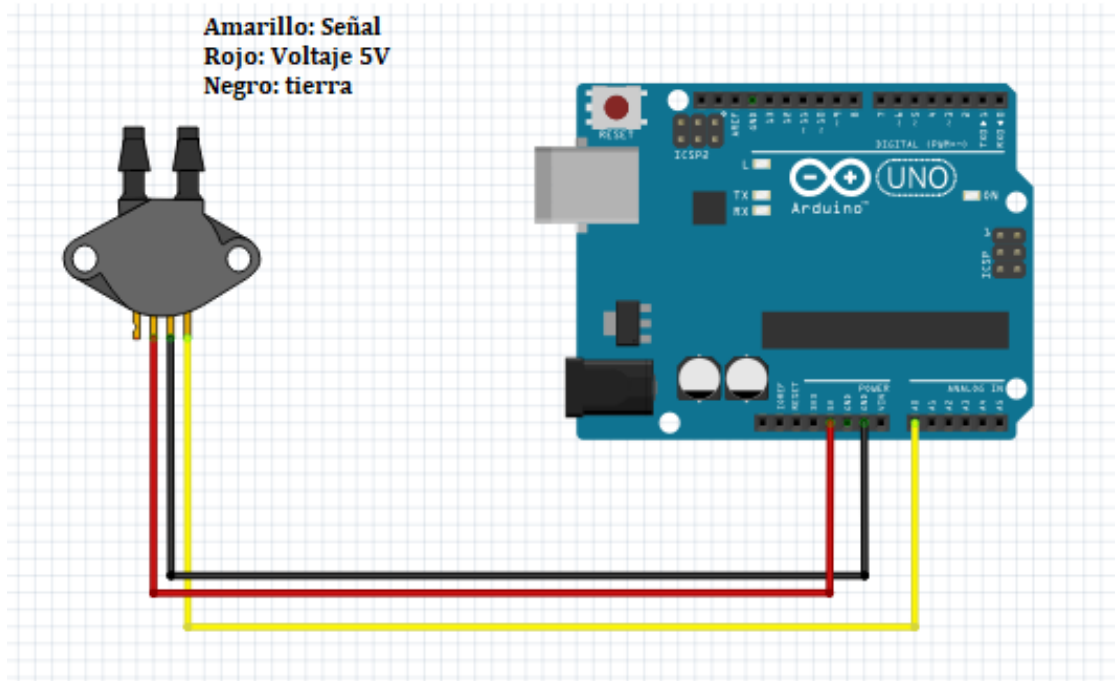


Imagen 4.45 conexión de el sensor MPX5700 con Arduino UNO

8. En el sensor MPX5700 la configuración de los pines es la siguiente:

SENSOR MPX5700

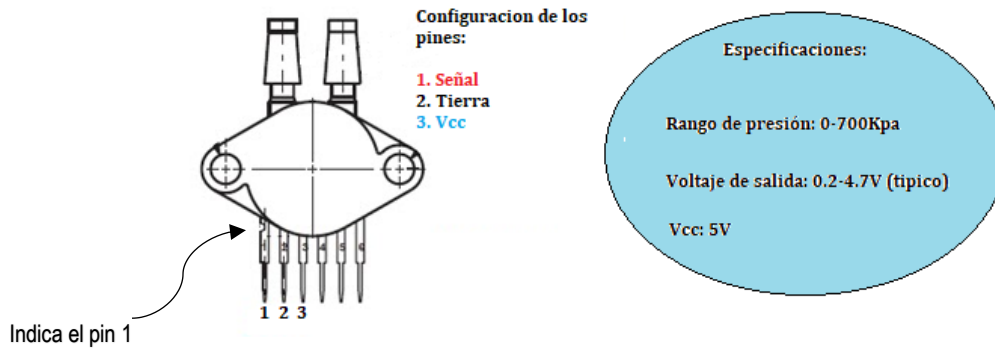


Imagen 4.46 configuración y polarización del Sensor

9. De la salida 6 del Arduino conecte al circuito con el relevador

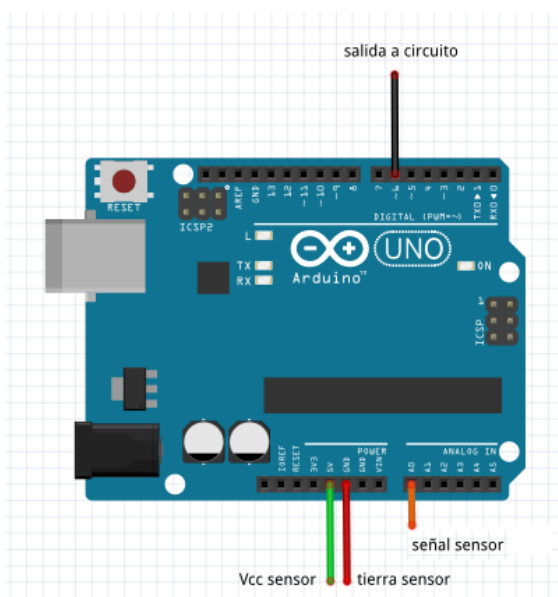


Imagen 4.47 conexión con la etapa de control

10. Conecte el compresor con la fuente y el circuito del relevador

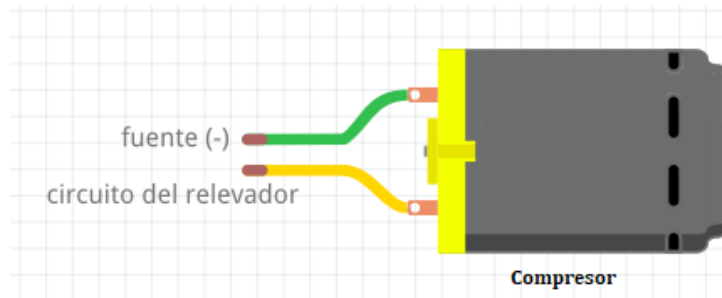


Imagen 4.48 Imagen gráfica del compresor

11. Por medio de la interfaz de Arduino calibre los valores para el control on/off del sistema
12. Conecte la fuente de alimentación y energice el circuito con el relevador
13. Abra el serial plotter de la interfaz de Arduino observe el comportamiento, dibuje y explique el funcionamiento del sistema
14. Exprese sus conclusiones

Código Presostato Arduino

```
#include <EEPROM.h>

float minimo;
float input;
float value;
int setmin;
int setmax;
int cal;
int calibra = 0;
int formato;
int selector;
int sensorPin = A0;
float salida;
void setup() {
  pinMode(6, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
  EEPROM.write(0,31);
  value=181/4;
  EEPROM.write(1,value);
  value=317/4;
  EEPROM.write(2,value);
  pinMode(2,INPUT);
  pinMode(3,INPUT);
  pinMode(4,OUTPUT);
  digitalWrite(4,LOW);
  Serial.print("INICIALIZANDO");
  delay(1000);
  Serial.print("\033[2J");
  value = EEPROM.read(calibra);
  delay(50);
  salida=value-value;
  Serial.println("PRESION");
  Serial.print(salida,2);
  Serial.println(" PSI.");
  delay(1000);
  Serial.print("\033[2J");
  formato=0;
}
void loop() {
  cal = digitalRead(2);
  if (cal==HIGH){
    value=analogRead(0);
    EEPROM.write(calibra,value);
    delay(50);
```

```

}
selector = digitalRead(3);
if(selector==HIGH)
    formato=1;
if(selector==LOW)
    formato=0;
setmin = digitalRead(4);
if(setmin==HIGH){
    Serial.println("VALOR MINIMO");
    value = EEPROM.read(1);
    value = value*4;
    Serial.print(value,2);
    if(formato=0)
        Serial.print(" KPA.");
    if(formato=1)
        Serial.print(" PSI.");
    delay(3000);
    Serial.print("\033[2J");
    Serial.println("INGRESE NUEVO VALOR MINIMO");
espera:
if (Serial.available(>0){
    delay(5000);
    input=Serial.parseFloat() ;
    Serial.println("VALOR INGRESADO");
    Serial.println(input);
    delay(3000);
}
else{
    goto espera;
}
input = input/4;
EEPROM.write(1,input);
delay(50);
Serial.println("NUEVO VALOR MINIMO");
value = EEPROM.read(1);
value = value*4;
Serial.print(value,2);
if(formato=0)
    Serial.print(" KPA.");
if(formato=1)
    Serial.print(" PSI.");
delay(5000);
Serial.print("\033[2J");
}
minimo = EEPROM.read(1);
minimo = minimo*4;
switch(formato){

```

```

case 0:
  Serial.println("PRESION");
  salida = analogRead(0);
  delay(20);
  value = EEPROM.read(calibra);
  delay(50);
  salida=salida-value;
  if(salida<181){
  digitalWrite(6,HIGH);}
  if(salida>317){
  digitalWrite(6,LOW);}
  salida=salida*0.760;
  Serial.print(salida,2);
  Serial.print(" KPA.");
  delay(1000);
  Serial.print("\033[2J");
  break;
case 1:
  Serial.println("PRESION");
  salida = analogRead(0);
  delay(20);
  value = EEPROM.read(calibra);
  delay(50);
  salida=salida-value;
  if(salida<minimo)
  digitalWrite(6,HIGH);
  if(salida>317)
  digitalWrite(6,LOW);
  salida=salida*0.110242;
  Serial.print(salida,2);
  Serial.print(" PSI.");
  delay(1000);
  Serial.print("\033[2J");
  break;

default:
  Serial.print("Opción no valida ");
  break;
} }

```

Código 5 programa para Arduino sensor MPX5700 - ON-OFF compresor



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.7 Práctica 7 Medición electrónica de presión

Objetivo

Familiarizar al alumno con la simulación neumática mediante software, de esta manera se entenderá de manera más precisa la función de un actuador neumático en la práctica convencional, así como el diagrama en escalera de un sistema de enclave con 3 válvulas para 3 cilindros de doble efecto. Se analizará, desde el punto de vista electromecánico, la corriente, el flujo y los modos de operación en el diagrama.

Analizar el funcionamiento de los actuadores neumáticos mediante la simulación por computadora.

Conceptuales

Comprender el funcionamiento de los dispositivos que componen los diferentes sistemas neumáticos

Procedimentales

Construir circuitos neumáticos mediante simulaciones por computadora aplicando la lógica de operación del diagrama escalera.

Usar equipo de cómputo que cuente con el software para simulación.

Actitudinales

Desarrollar habilidades analíticas, críticas y de investigación.

Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Neumática

Cuando se habla de neumática nos estamos refiriendo a la tecnología que utiliza aire comprimido como medio de transmisión de energía. la energía, generada en un emplazamiento lejano, es transmitida a través de una línea y utilizada localmente por actuadores, motores y otros elementos de trabajo.

La neumática engloba el conjunto de técnicas para la transmisión de la energía, su control y regulación, tanto para el mando de fuerzas como el de movimientos, destinadas al gobierno de dispositivos mediante aire comprimido.

Aplicaciones de la neumática

La automatización de los procesos productivos es hoy en día una necesidad en las industrias modernas que pretenden ser competitivas. la neumática ayuda a estas empresas a aumentar su flexibilidad y el ritmo de producción gracias a las características del aire comprimido como medio transmisor y la adaptabilidad que permiten sus componentes.

Los actuadores neumáticos se utilizan eficientemente en aplicaciones industriales donde es preciso el control continuo de una magnitud (posicionado de cargas u obturadores de válvulas, control de movimiento o trayectoria, etc.) así como en procesos discontinuos de manipulado y automatización (cadenas de montaje, embaladoras, máquinas de empaçado, etc.).

(Jiménez, 2003)

Producción de aire comprimido

Los sistemas neumáticos de mando consumen aire comprimido, que debe estar disponible en el caudal suficiente y con una presión determinada según el rendimiento del trabajo. se conecta la instalación a la red de aire comprimido ya que normalmente la producción del mismo se realiza a distancia.

El grupo principal de una instalación productora de aire comprimido es el compresor, del que existen varios tipos para las distintas posibilidades de utilización.

Se llama compresor a toda máquina que impulsa aire, gases o vapores, ejerciendo influencia sobre las condiciones de presión. Los compresores se valoran por el caudal suministrado en L/min para compresores pequeños o en m³/min y por la relación de compresión, siendo esta última la presión alcanzada en kg/cm².

Para la neumática solo son aptos una parte de los distintos tipos de compresores, condicionados por la presión de trabajo requerida. los sistemas neumáticos de mando trabajan normalmente con aire comprimido a 6 kg/cm² el límite inferior se halla en los 3 kg/cm² y el superior en los 15 kg/cm².

Tipos de compresores

Según el tipo de ejecución, se distingue entre compresores de embolo y compresores de caudal, que a su vez se subdividen en muchos subgrupos. los compresores de caudal se utilizan en aquellos casos en que se precisa el suministro de grandes caudales con pequeña presión final, indicándose como económico el empleo de estos compresores con suministros de 600 m³/min aproximadamente, las presiones necesarias en neumática se consiguen con ejecuciones de una etapa o de varias; por lo que en la práctica los compresores de caudal apenas se utilizan en neumática. en la práctica, los compresores más empleados y que han dado mejor resultado en las instalaciones productoras de aire comprimido para los usos de los sistemas neumáticos de mando, son los compresores de embolo y los rotatorios, que a su vez también se subdividen en varios subgrupos.

Compresores de embolo

El compresor más frecuentemente empleado es el de embolo, pudiendo emplearse como unidad estacionaria fija o móvil y existiendo desde los equipos más pequeños hasta los que entregan caudales superiores a los 500 m³/min.

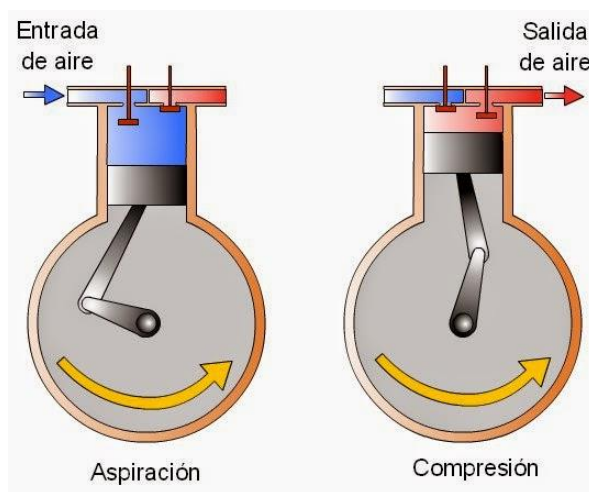


Imagen 4.49 compresor de pistón

(W. Deppert / K. Stoll , 2001)

Al igual que en el caso de la neumática y la electroneumática, la electrohidráulica se diferencia de la hidráulica en las señales de captadores y transductores, así como las de activación de las válvulas distribuidoras. en un nivel de control superior, como es la hidráulica proporcional, además se controlan reguladores de presión, reguladores de caudal, etc.

Válvulas neumáticas

Son los componentes de un circuito neumático que distribuyen, regulan o bloquean el aire comprimido o vacío. Según su función se dividen en 7 grandes grupos:

- Válvulas direccionales
- Válvulas reguladoras de presión
- Válvulas reguladoras de caudal
- Válvulas reguladoras de retención
- Válvulas reguladoras de cierre
- Válvulas reguladoras lógicas
- Válvulas reguladoras para vacío

Dentro de las direccionales hay de 2, 3, 4 y 5 vías y con distintos accionamientos las más usuales son las electroválvulas en distintas tensiones y corrientes, manuales, a pedal y distintos tipos de accionamientos mecánicos o neumáticos.

(Elhinel, 2017)

Válvulas distribuidoras

- Válvulas monoestables

Las válvulas de retorno por muelle son monoestables. Tienen una posición preferencial definida, a la cual vuelven automáticamente cuando desaparece la señal en sentido contrario.

- Válvulas biestables

Una válvula biestable no tiene una posición referencial y permanece en cualquier posición hasta que se activa una de las dos señales de impulso.

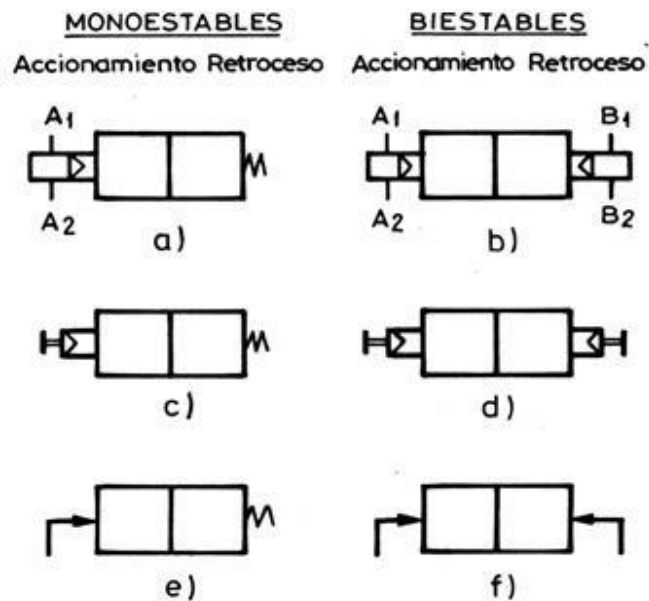


Imagen 4.50 símbolos de válvulas distribuidoras neumáticas

Diagramas de escalera

La forma básica de comunicación en el lenguaje de control electromecánico es mediante el uso de los llamados diagramas de línea o de escalera. Los cuales consisten en una serie de símbolos interconectados por medio de líneas, para indicar el flujo de la corriente a través de los dispositivos.

El diagrama de línea indica en un tiempo relativamente corto, una serie de información que se relaciona y que podría tomar muchas palabras para su explicación. El diagrama de línea muestra básicamente dos cosas:

La fuente de alimentación

Como fluye la corriente a través de las distintas partes del circuito (botones, contactos, bobinas, etc.)

El diagrama de línea está orientado a mostrar la parte de los circuitos que es necesaria para la operación del controlador. Debe además proporcionar simplicidad haciendo énfasis únicamente en la operación del circuito de control.

Un diagrama de línea (diagrama de escalera) es un diagrama que muestra la lógica de un circuito de control en su forma más simple. Un diagrama de escalera no muestra la localización de cada componente y su relación con otros componentes en el circuito. Los diagramas de línea se usan para diseñar, modificar o expandir circuitos.

Simbología

Como en la mayoría de las aplicaciones de la electricidad, la simbología representa una forma de expresión o un lenguaje para las personas familiarizadas con el tema. El lenguaje de control de motores, consiste en símbolos que permiten expresar una idea o para formar un diagrama de un circuito que se pueda comprender por personal debidamente capacitado en el tema; desde luego, existen disposiciones de tipo convencional para el uso de símbolos usados en el control de motores eléctricos para la industria.

Diagrama desplazamiento-fase

También es posible representar gráficamente las fases o etapas secuenciales. Veámoslo en un ejemplo con la secuencia A+/B+/A-/B-/: En un diagrama representamos en las ordenadas las fases de los cilindros: A+, A- y B+, B-. En el eje de abscisas representamos el número total de fases: 0, 1, 2, 3 y 4=0. Se traslada la secuencia al gráfico:

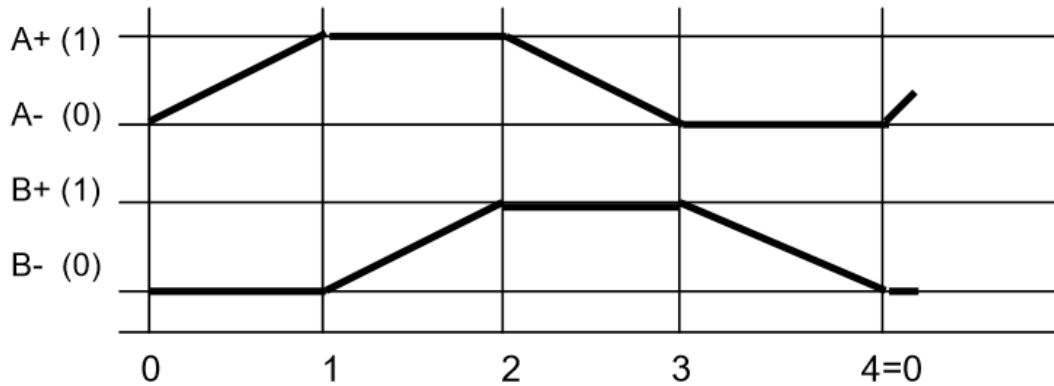


Imagen 4.51 imagen de un Diagrama de fase

En el diagrama espacio-fase se representa el cambio de estado de un elemento, pero no su velocidad. Por ello se utiliza a veces el diagrama espacio-tiempo, en el que en el eje de abscisas se representa el tiempo empleado en cada maniobra.

FluidSim

Este programa es una herramienta de simulación para la obtención de los conocimientos básicos de la neumática.

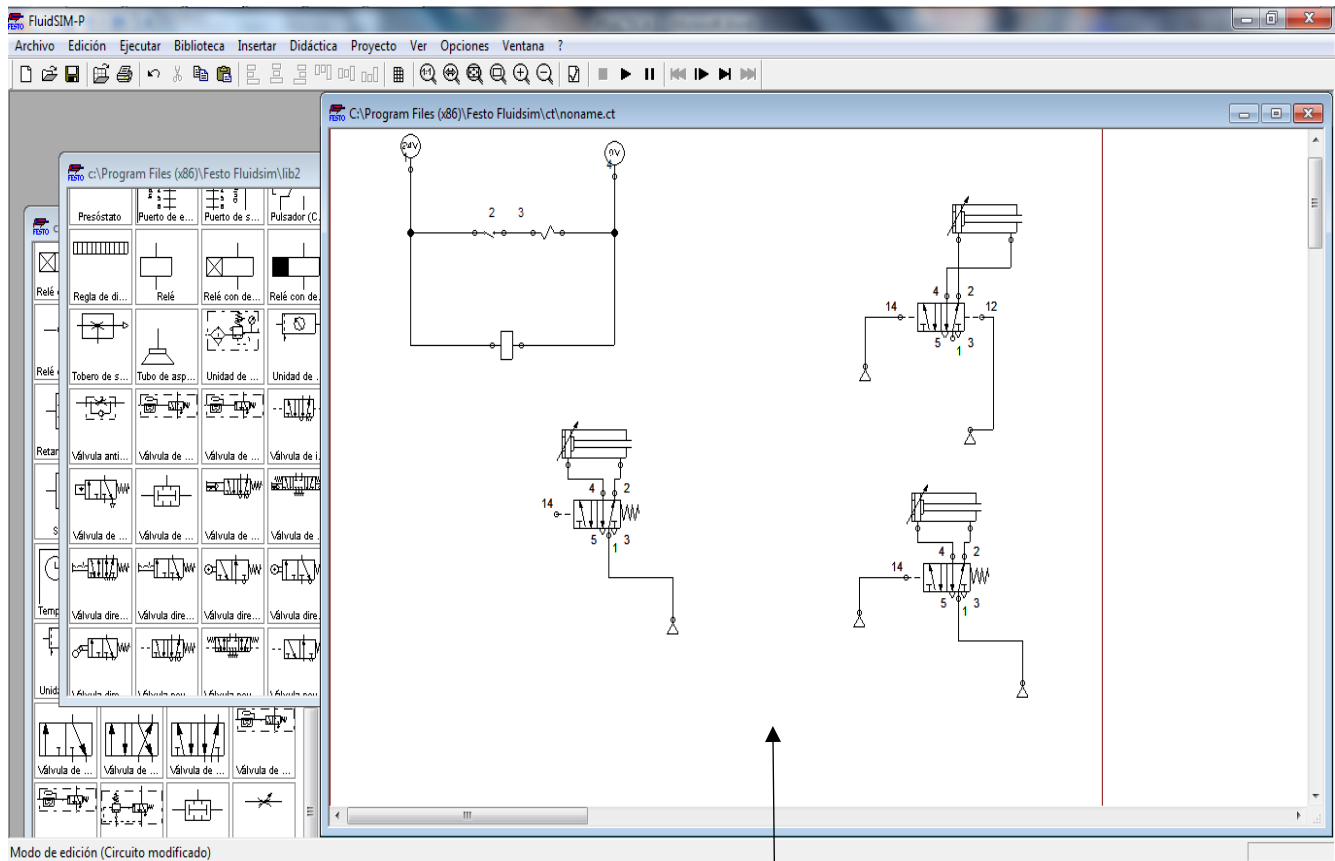
FluidSIM permite desarrollar distintos diagramas de circuitos para fluidos, también posibilita la ejecución mediante una simulación comprensible para el usuario. Con esto se establece una división entre la elaboración de un esquema y la simulación de un dispositivo práctico.

La función CAD de FluidSIM está diseñada para el campo de la técnica de fluidos. Puede, por ejemplo, comprobar mientras se trabaja, si ciertas conexiones entre componentes son realmente posibles. Otra característica importante de FluidSIM es su completo concepto didáctico: FluidSIM ayuda a enseñar, aprender y visualizar la neumática. Los componentes neumáticos son explicados por medio de breves descripciones, imágenes y presentaciones de principios de accionamiento.



Imagen 4.52 FluidSim Neumática

Desarrollo de la práctica



**Biblioteca de
componentes**

**Área de ensamble
y simulación del
circuito**

Imagen 4.53 distribución de los elementos en FluidSim

1. Ubicar los siguientes componentes en la biblioteca de FluidSim para generar nuestro circuito simulador.

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	cilindro doble efecto
	Válvula de 5/n vías
	Fuente de aire comprimido
COMPONENTES PARA EL DIAGRAMA DE ESCALERA	
	Fuente de tensión de 24V
	Fuente de tensión de 0V
	Switch normalmente abierto
	Solenoides de valvula
	Relevador
	Push button normalmente abierto
	Contactor normalmente abierto

Tabla 4.5 Elementos neumáticos y eléctricos FluidSim

2. Generamos el siguiente circuito para accionar el primer solenoide (S1).

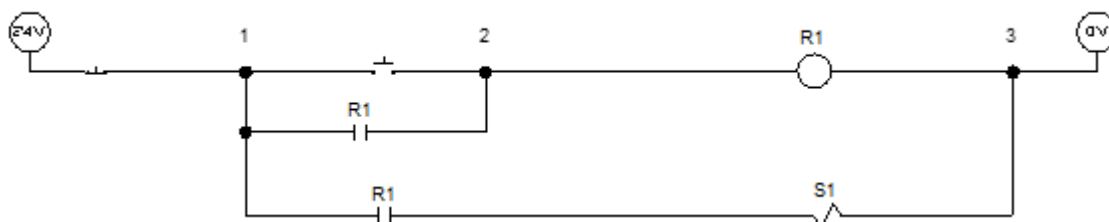


Imagen 4.54 Diagrama escalera del diseño de un enclavamiento

3. De clic en el botón play para comenzar la simulación.



Imagen 4.55 botón play para iniciar simulación

4. Presione el pulsador y observe la simulación.
5. Explique con propias palabras que pasa y por qué.
6. De doble clic en el componente para abrir la tabla de configuración y así poder asignar las etiquetas correspondientes. Estas deben coincidir con las asignadas en nuestro diagrama de escalera.

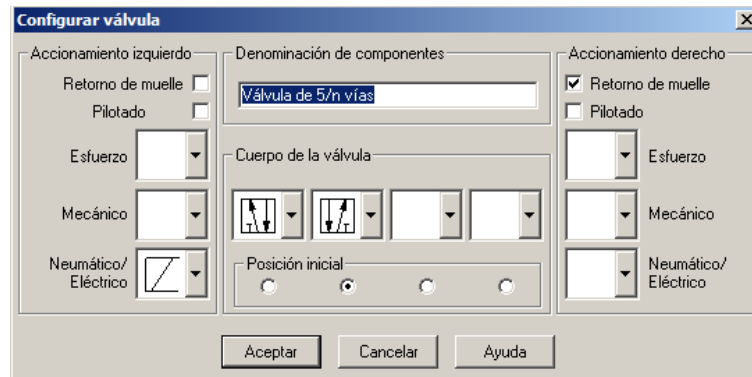


Imagen 4.56 panel de configuración para válvulas

7. Arme en FluidSim el circuito simulador siguiente

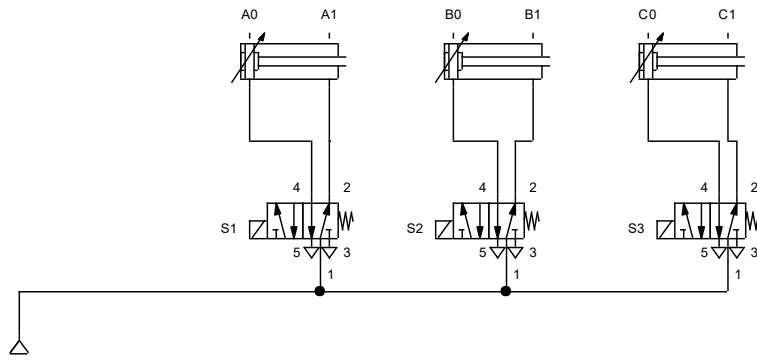


Imagen 4.57 diagrama de 3 cilindros controlados por válvulas neumáticas

8. Para configurar las salidas no utilizadas en las válvulas se pueden poner de la siguiente manera

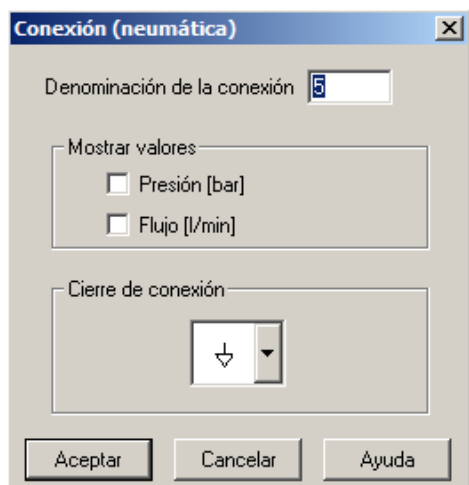


Imagen 4.58 configuración de conexiones

9. configurando los cilindros: seleccione del menú "configurar las marcas de accionamiento" y la configuraremos de la siguiente forma:

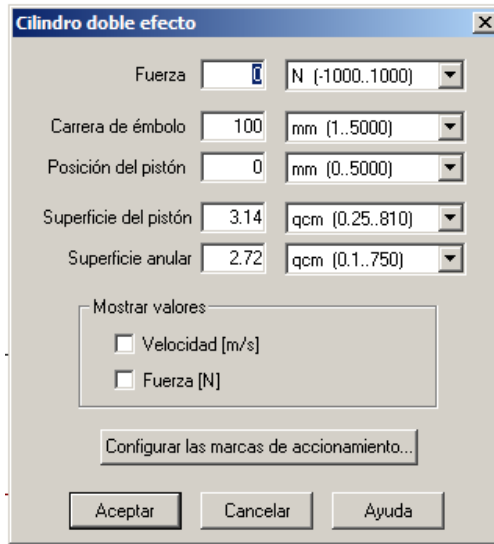


Imagen 4.59 panel para configurar marcas de accionamiento



Imagen 4.60 configuración de distancias en mm

10. Por medio del diagrama de escalera genere un programa en el cual se accionen los pistones de la siguiente manera.

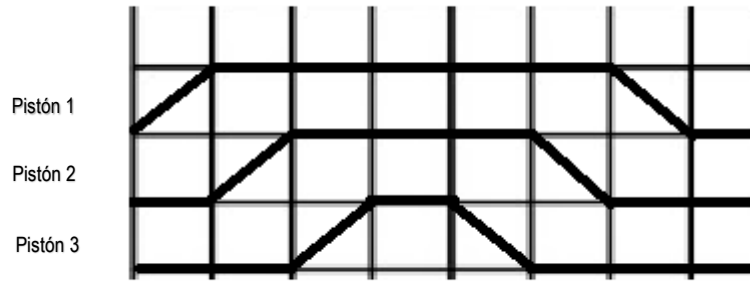


Imagen 4.61 diagrama de fases

11. Dibuje aquí el diagrama de escalera resultante.

12. Arme el siguiente circuito de simulación en FluidSim

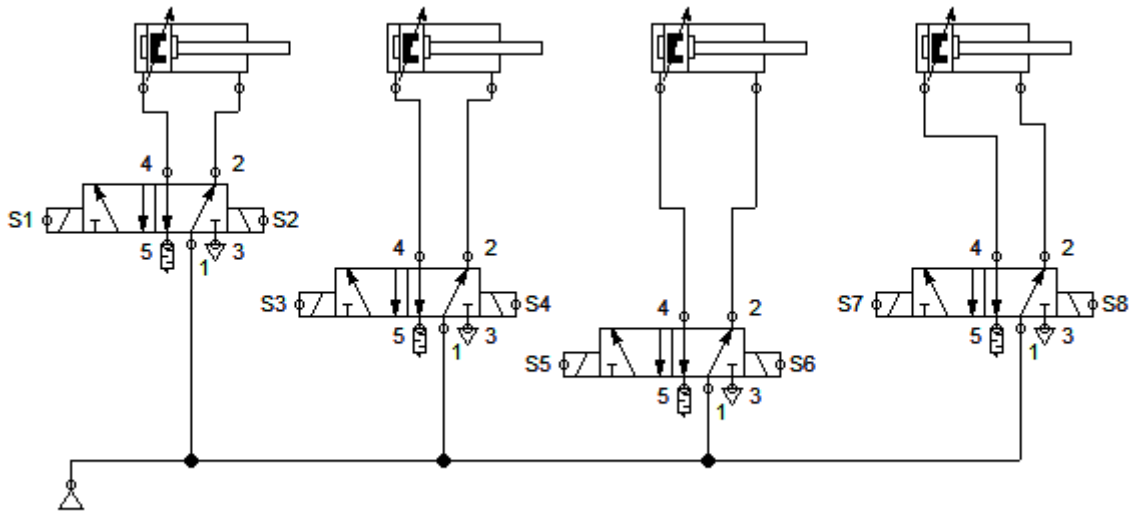


Imagen 4.62 diagrama compuesto por 4 pistones de doble efecto

13. Genere el diagrama de desplazamiento y el diagrama de escalera mediante los siguientes parámetros:
(dibuje sus resultados)

A+, C+, D+, B+, D-, B-, C-, A-

14. Simule en FluidSim y explique en palabras propias lo que ocurre (agregar escalera poner cuadro para dibujo).

15. Exprese sus conclusiones



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES DE ARAGÓN
INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
Instrumentación de Procesos Industriales

4.8 Práctica 8 Control neumático mediante PLC

Objetivo

Comprender el correcto uso de los sistemas de automatización basados en PLC y equipo neumático.

Conceptuales

Desarrollar habilidades de manejo de PLC mediante el uso de software específico

Procedimentales

Construir un sistema neumático que sea controlado mediante un PLC

Usar módulo de instrumentación neumática del laboratorio

Usar el PLC para accionar los actuadores de nuestro sistema.

Usar software específico para la elaboración de algoritmos de control.

Actitudinales

Desarrollar habilidades analíticas, críticas y de investigación.

Desarrollar habilidades de trabajo colaborativo y compromiso ético.

Introducción

Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable (“PLC” *Programmable Logic Controller*) se define como un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de configuración de frecuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos.

Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que su programación básicamente tiene que ver con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación.

Los dispositivos de entrada y los dispositivos de salida, que están bajo control, se conectan a un PLC de esta manera el controlador monitorea las entradas y salidas, de acuerdo con el programa diseñado por el operador para el PLC y que se conserva en la memoria para controlar maquinaria y procesos industriales.

Los PLC son similares a las computadoras, pero tienen características específicas que permiten su empleo como controladores. Estas características son:

- Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperatura, humedad y ruido.
- La interface para las entradas y salidas está dentro del controlador.
- Es muy fácil programarlos.

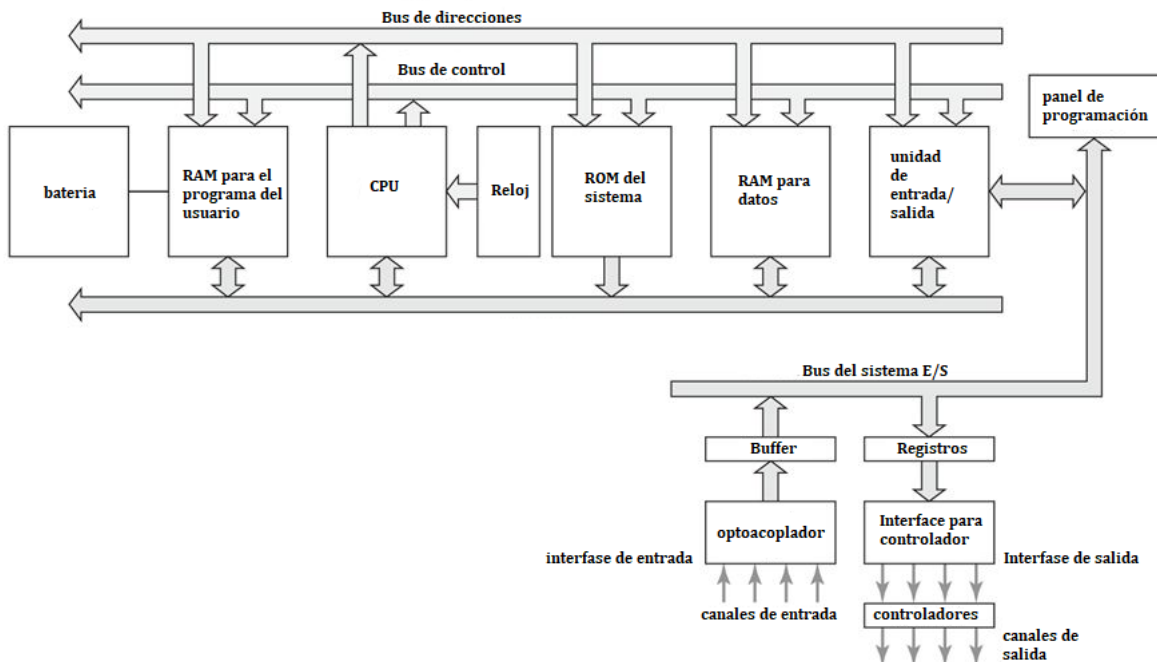


Imagen 4.63 esquema de un controlador lógico programable

Entrada/Salida

La unidad de entrada salida es la interface entre el sistema y el mundo externo y donde el procesador recibe información desde dispositivos externos y comunica información a dispositivos externos. Las interfaces de entrada salida ofrecen aislamiento y funciones de acondicionamiento de señal de manera que esos sensores y actuadores a menudo pueden conectarse directamente a ellos sin necesidad de otro circuito.

Las entradas pueden estar desde interruptores limite que se activan al presentarse algún evento, u otros sensores como sensores de temperatura o sensores de flujo. Las salidas pueden servir para activar las bobinas de arranque, válvulas solenoides, etc., de un motor. El aislamiento eléctrico del mundo externo por lo general es por medio de optoaisladores.

Tipos de lenguaje para PLC

Existen diversas formas de programar un PLC o autómatas cada una tiene sus ventajas y desventajas, y existe un motivo por el cual según la aplicación a realizar se usa cualquiera de estos. Todos los lenguajes para programar PLC pertenecen al estándar IEC 1131-3. Podemos distinguir los lenguajes en gráficos o textuales, los primeros usan una interfaz y consisten en colocar bloques que realizan una determinada función los segundos son más similares a la programación en C.

Lenguajes Gráficos

Lenguaje de escalera o Ladder

Anteriormente los procesos de automatización se realizaban con relés eléctricos, por lo que para muchos diseñadores les era mucho más fácil diseñar esquemas eléctricos que programar. Este tipo de lenguaje es de gran ayuda para las personas que no son expertos en programación, está pensado para eléctricos, una ventaja es la simulación de ciertos sistemas. Muchos controladores nos permiten ver el programa en ejecución, podemos visualizar las variables en cada momento incluso forzar alguna variable a un valor que nosotros deseemos, con un lenguaje gráfico es mucho más sencillo realizar verificaciones al ser tan intuitivas.

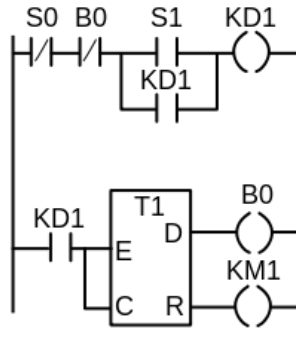


Imagen 4.64 ejemplo de diagrama en escalera

Diagrama de bloque de funciones

En muchos aspectos es similar al Ladder solo que en lugar de relés usamos funciones que realizan funciones en concretas (and, or, mayor que...), es más similar a un lenguaje de programación de alto nivel, pero con gráficos, está pensado para electrónicos que acostumbraba a trabajar con compuertas lógicas y circuitos integrados. Este lenguaje es sencillo e intuitivo muy práctico para personas que no conocen demasiado sobre lenguajes como C. La ventaja sigue siendo similar a la anterior podemos simular el programa sobre el autómata y forzar variables o simplemente visualizarlas para detectar posibles errores.

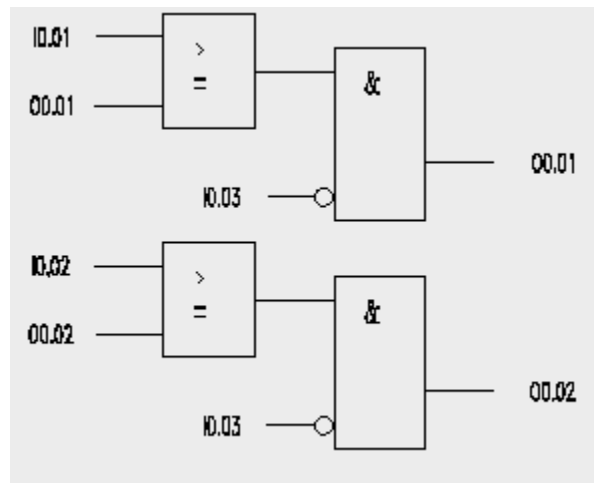


Imagen 4.65 bloques de programación lógicos

Lenguaje texto estructurado (Structured Text – ST)

Este tipo de lenguaje, ST, está basado en los lenguajes de tipo texto de alto nivel y es muy similar a los ya conocidos pascal, basic y C. Aunque todavía no es muy popular se le considera como un lenguaje nuevo ya que requiere conocimiento previo de programación.

Las principales ventajas de este lenguaje respecto al basado en el listado de instrucciones o IL es que incluye la formulación de las tareas del programa, una clara construcción de los programas en bloques

con instrucciones y una potente construcción para el control. De este modo, se trata de la forma más apropiada de programar cuando queremos realizar ciclos (ej. "if", "while", "for", "case").

```
1 FUNCTION_BLOCK MaintenanceCounter
2 VAR_INPUT
3   CU : BOOL; (* count up *)
4   RESET : BOOL; (* reset counter *)
5   PV : DWORD; (* preset value *)
6 END_VAR
7 VAR_OUTPUT
8   Q : BOOL; (* counter done *)
9   CV : DWORD; (* current value *)
10 END_VAR
11 VAR
12 END_VAR
13
```

Imagen 4.66 extracto de programa realizado en Texto Estructurado

(Ráez, 2006)

Actuadores

Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover (actuar) otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo de el origen de la fuerza el actuador se denomina neumático, hidráulico o eléctrico.

El actuador más común es el actuador manual o humano. Es decir, una persona mueve un dispositivo para lograr su funcionamiento. Actualmente se hizo conveniente automatizar el funcionamiento de los dispositivos, por lo que los actuadores hicieron su aparición. Actualmente hay básicamente dos tipos de actuadores.

- Lineales: generan una fuerza en línea recta, tal como haría un pistón.
- Rotatorios: generan una fuerza rotativa, como lo haría un motor eléctrico.

(Vildósola, 2019)

Cilindro o pistón lineal

Los cilindros son aquellos que convierten la energía cinética del aire comprimido en movimiento mecánico lineal. Desempeñan una infinidad de aplicaciones en la industria como mover y detener cargas, operaciones de sujeción, entre muchas más y se pueden instalar en cualquier orientación.

Los cilindros están disponibles en diferentes estilos: atirantados, roscados, engargolados y compactos. Los cilindros atirantados, roscados y engargolados pueden tener cargas fijas, por lo tanto, se pueden utilizar en aplicaciones como empujar y cargar. Mientras que los compactos no pueden soportar cargas, por consiguiente, son utilizados para operaciones de sujeción.

Independientemente del estilo del cilindro, éstos se dividen en dos grandes grupos: simple efecto y doble efecto.

Los cilindros de simple efecto trabajan en un solo sentido. El retroceso se realiza por medio de un resorte interno, o por otro medio como una carga o movimiento mecánico, etc. Hay dos tipos de cilindros de simple efecto que son de “vástago retraído” y de “vástago extendido”. Este tipo de cilindro se utiliza para aplicaciones de sujeción, marcación, expulsión, etc. Una desventaja es que tiene la carrera limitada.

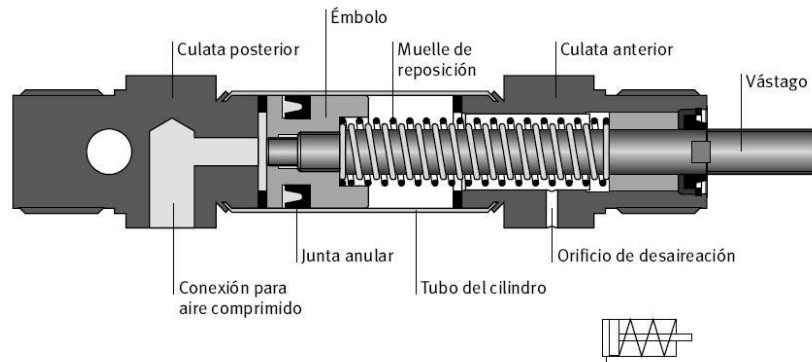


Imagen 4.67 Cilindro simple efecto

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan su trabajo en ambos sentidos ya que la presión de aire se aplica por ambos lados del émbolo.

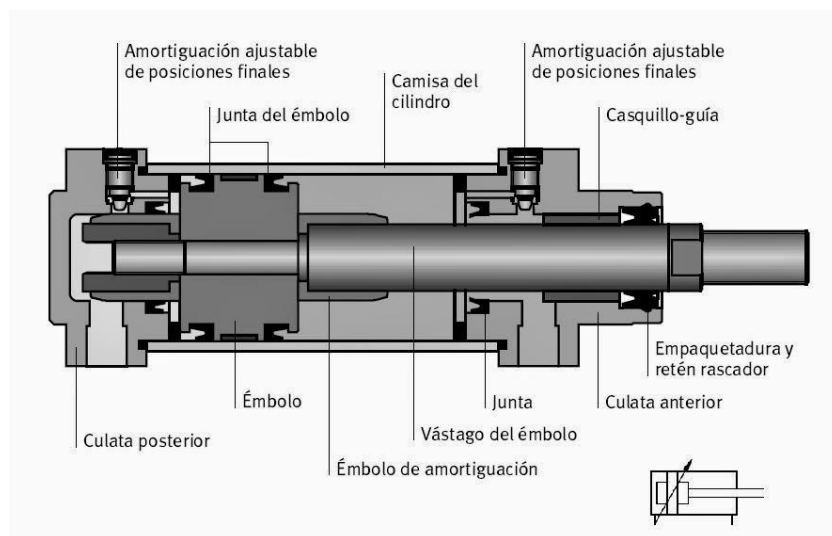


Imagen 4.68 cilindro doble efecto

(SMC, 2019)

RSLogix

La familia de software de programación de lógica en escalera RsLogix se diseñó para optimizar el desarrollo de proyectos de automatización industrial, ahorrando tiempo en el desarrollo del proyecto. El software ha sido elaborado para trabajar con el sistema operativo Windows. Es una interfaz proporciona soporte para la programación de los PLC's de Allen Bradley tipo SLC500 y Micrologix.

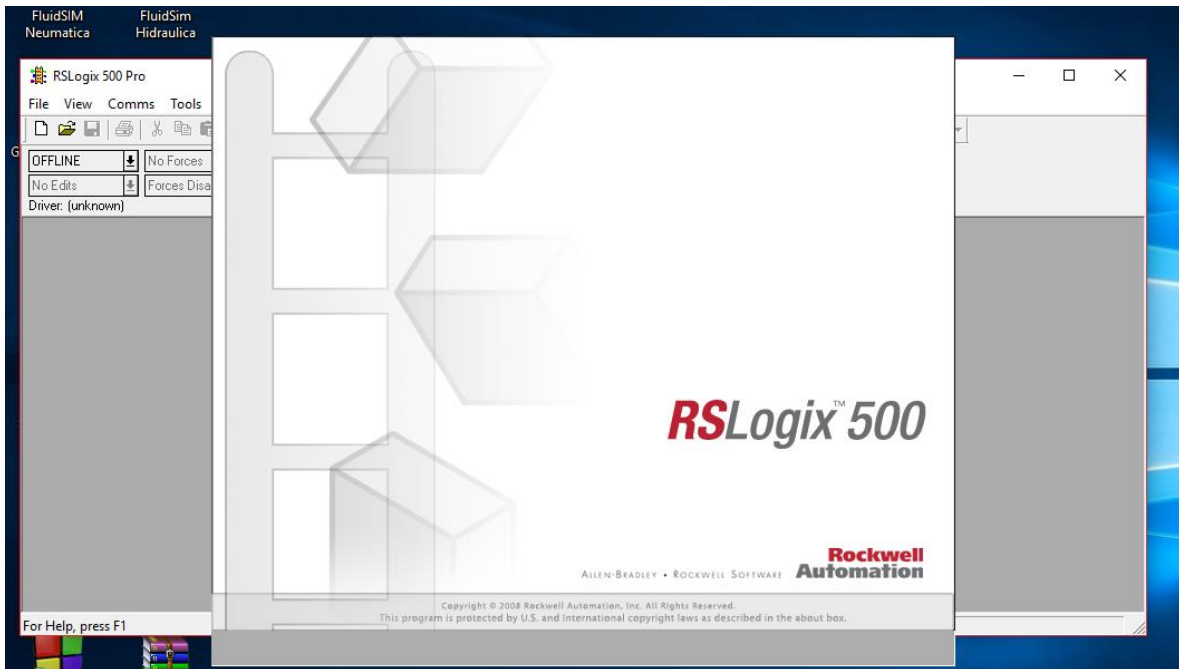


Imagen 4.69 caratula RSLogix

Desarrollo de la práctica

Material

- Módulo de pistones Neumáticos
- Mangueras neumáticas
- Conectores neumáticos
- Toma de aire comprimido
- PLC Allen Bradley micrologix 500
- Computadora con RsLogix 500

Desarrollo de la practica

1. Ejecute el programa RsLogix 500

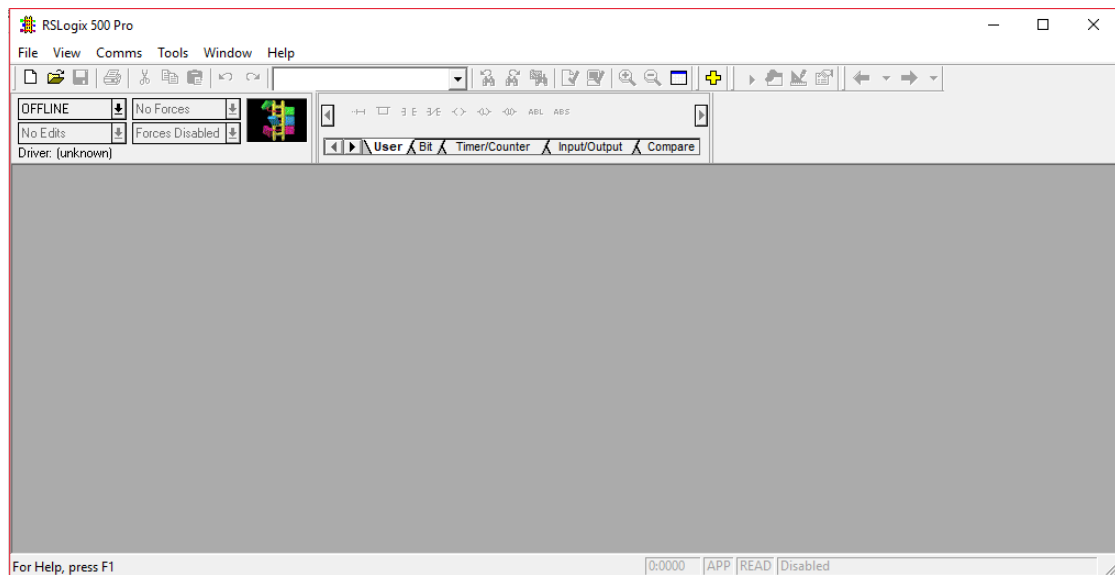


Imagen 4.70 suite de RsLogix 500

2. Para crear un proyecto de clic en New

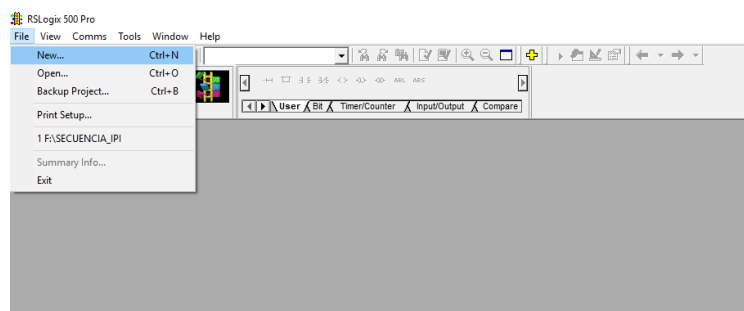


Imagen 4.71 creación de nuevo proyecto

3. Seleccioné el tipo de CPU que en nuestro caso es el 5/01

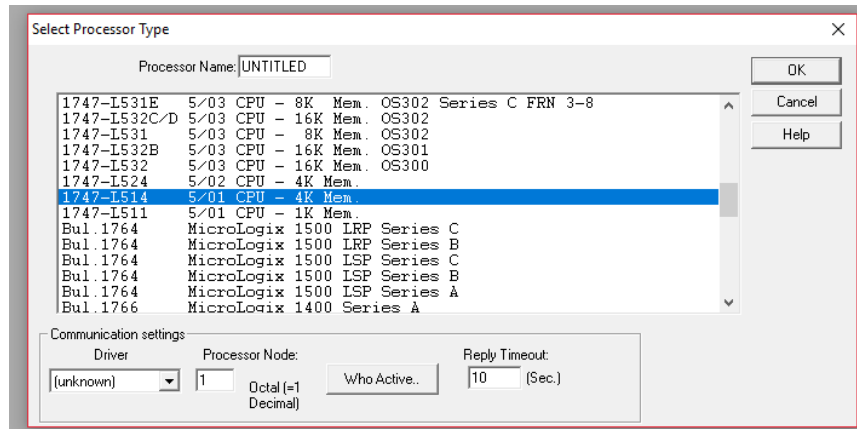


Imagen 4.72 selección de CPU

4. Configure el RACK a 7 módulos 1746-A7

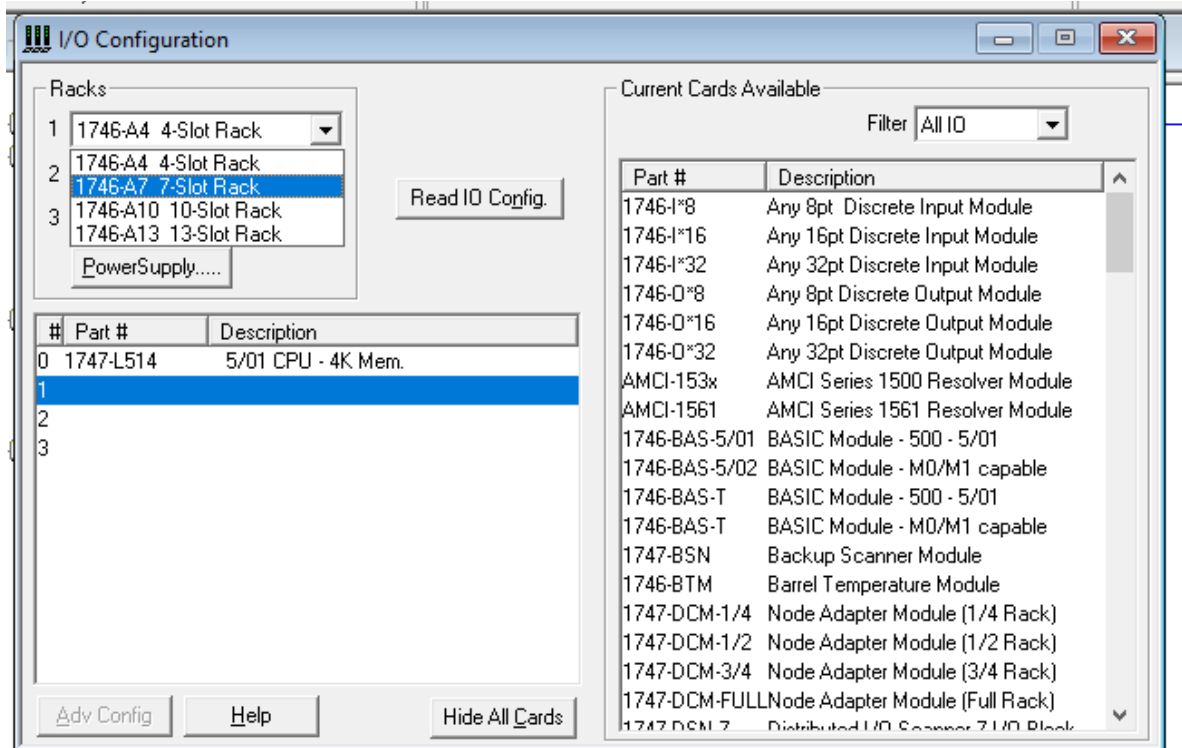


Imagen 4.73 configuración de RACK

5. Configure los puertos de entrada (I) con la serie 1746-IB16

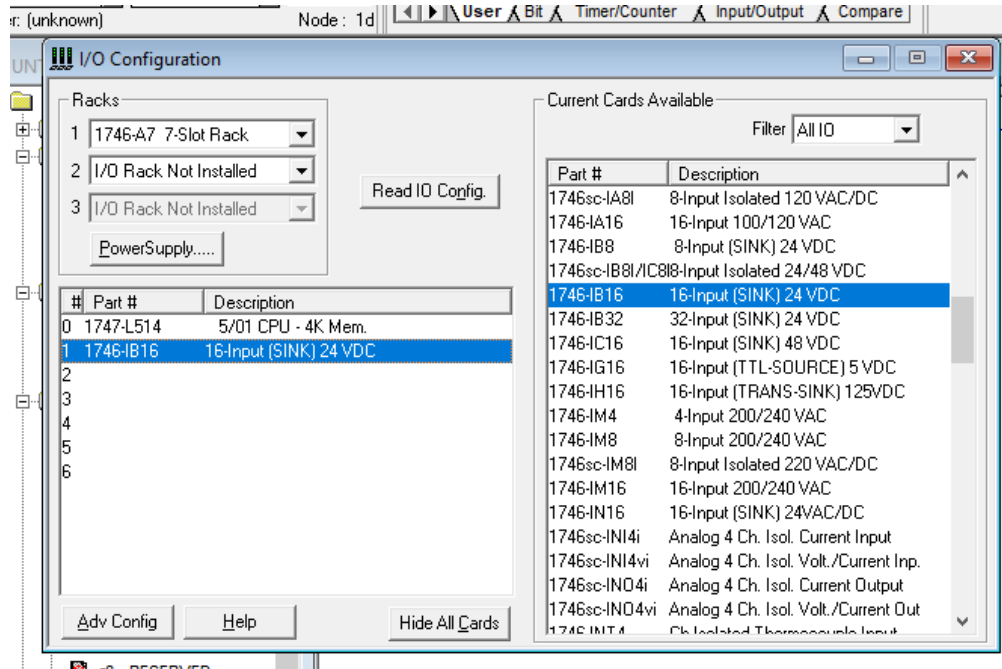


Imagen 4.74 Selección de puerto de entrada

6. Configure los puertos de salida (O) con la serie 1746-OB16

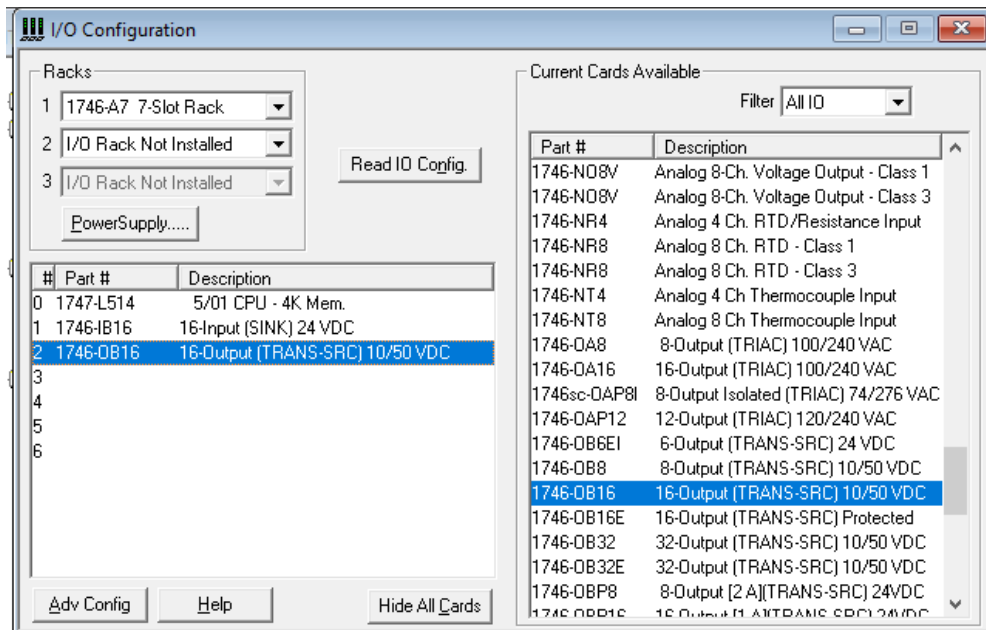


Imagen 4.75 selección de puerto de salida

7. Asegúrese que el módulo de laboratorio se encuentre sin presión y energizado



Imagen 4.76 módulo laboratorio de neumática L3

8. Mediante el diagrama escalera diseñe un sistema neumático que haga la secuencia del siguiente diagrama de fases en RsLogix 500.

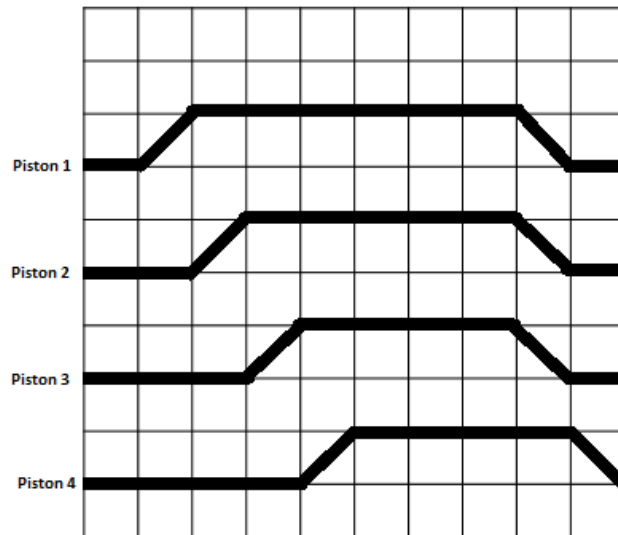


Imagen 4.77 diagrama de fase para 4 pistones

9. Describa los componentes que utilizó, asigne las direcciones y dibuje su diagrama de escalera
10. Cargue el programa al PLC Allen Bradley de la siguiente manera:
11. Comunique el PLC con la computadora seleccionando en el programa Go online

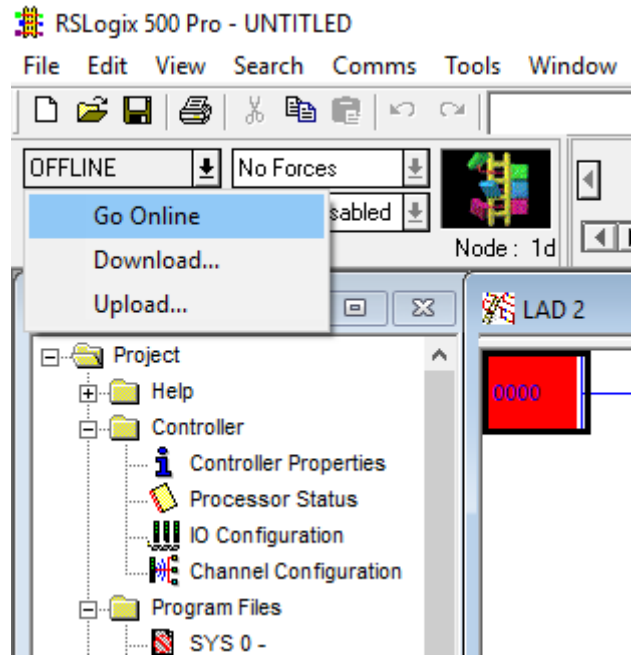


Imagen 4.78 Conexión del Software con el programa

12. Descargue el programa en el PLC

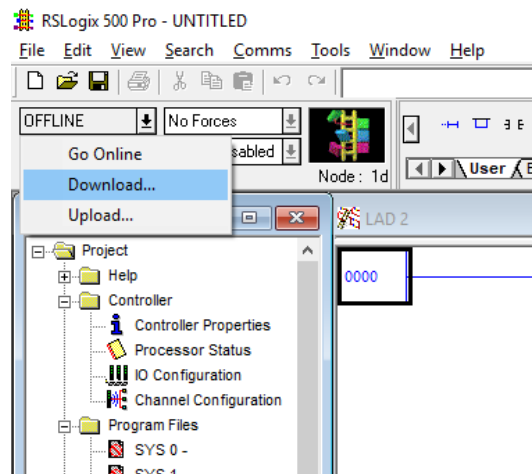


Imagen 4.79 carga de programa en el PLC

13. Seleccione el Driver AB_PIC-1

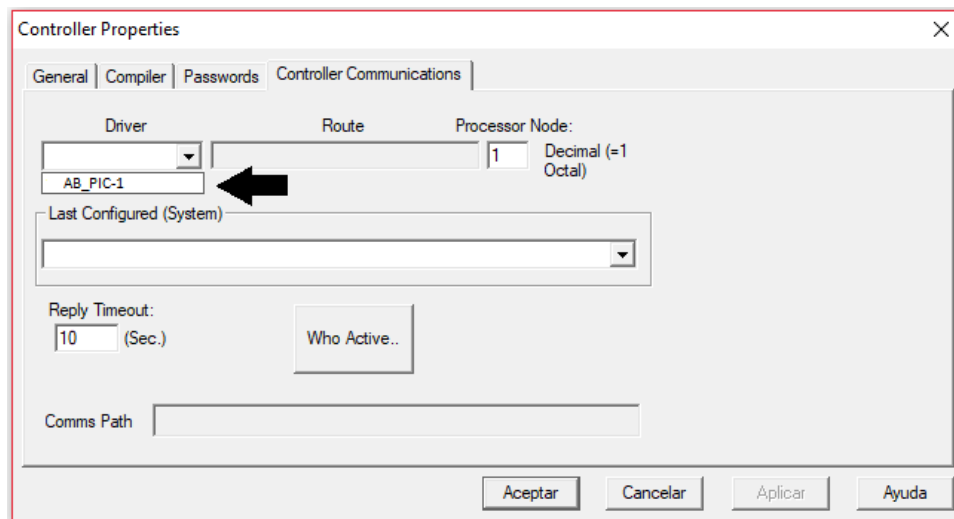


Imagen 4.80 selección de Driver

14. Presione Ok a los siguientes comentarios y pase al modo RUN

15. Describa lo sucedido y comente sus conclusiones

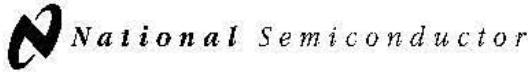
Conclusión y recomendaciones

Conclusión

Este proyecto tuvo como resultado un compendio de ocho prácticas que por la taxonomía de Bloom están indicadas con un nivel de aprendizaje alto (de cinco o seis) y son la propuesta para el laboratorio de instrumentación de procesos industriales, los métodos y planeamiento de estas logrará que el profesor transmita sus conocimientos del campo de aplicación y al alumno tener una mejor comprensión de la instrumentación industrial ya que se utilizan dispositivos de constante uso en la industria y con estos se desarrollan instrumentos de medición que pueden llevar en algún momento a controlar un proceso, estas prácticas fueron desarrolladas con módulos y dispositivos que se encuentran en los laboratorios de la Facultad de Estudios Superiores Aragón.

Recomendaciones

- Las practicas toman fueron dispositivos que ya cuentan con nuevas versiones, si la facultad decidiera actualizar estos dispositivos también se tendría que actualizar este escrito.
- Se puede dejar al alumno que sea autónomo con este cuadernillo, pero cuando trabaje con el equipo de laboratorio necesita supervisión.



November 2000

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

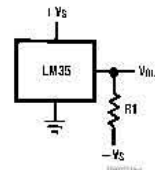
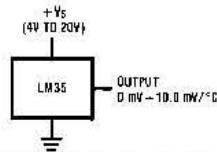
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracy of $\pm 0.1^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 0.5^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating; less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- n Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- n Linear $-10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- n 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- n Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- n Suitable for remote applications
- n Low cost due to wafer-level trimming
- n Operates from 4 to 30 volts
- n Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- n Low self-heating, 0.08°C in still air
- n Nonlinearity only $\pm 0.1^\circ\text{C}$ typical
- n Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Typical Applications



LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors



Tipo J

Especificación Técnica
Tablas de Referencia N.I.S.T.



Cable para termopar tipo "J", especificaciones técnicas

El termopar tipo J puede ser utilizado en atmósferas de vacío, reducción e inertes. Se recomienda un calibre robusto (igual o mayor a 20) para prolongar la vida útil del cable sobre 500°C debido a que el elemento de hierro tiene alta oxidación a dichas temperaturas.

Máximo rango de temperatura¹

Grado Termopar: 0 a 750°C

Grado extensión: 0 a 200°C

Límite de error

Estándar: 2,2°C o 0,75%

Especial: 1,1°C o 0,4%

Características ambientales de operación

Reducción, vacío, inerte, uso limitado en oxidación a altas temperaturas, no recomendado para bajas temperaturas

Compensación: de punta fría a 0°C

Material

Composición Hierro · Cobre-Níquel (Constantan)

Elemento positivo: Hierro

Elemento negativo: Cobre-Níquel (Constantan)

Magnéticamente sensible: Hierro

Designación de colores

Elemento positivo: Blanco

Elemento negativo: Rojo

Tabla de correlación Temperatura Vs. mV

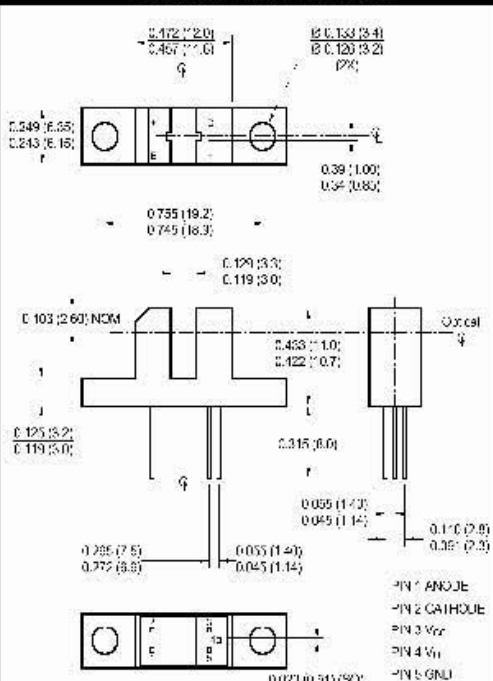
Referencia: N.I.S.T.

YZC-131A Series Product Specifications

Mechanical	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	1/2/3/5 kg
Dimensions	Lx12.7x12.7 mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	210 mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
Electrical	
Precision	0.05%
Rated Output	1.0±0.15 mV/V
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.03% FS
Non-Repeatability	0.03% FS
Creep (per 5 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.02% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS Zero
Balance	±1.5% FS
Input Impedance	1000±50 Ohm
Output Impedance	1000±50 Ohm
Insulation Resistance (Under 50VDC)	≥2000 MOhm
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to ~+40°C
Operating Temperature Range	-21 to ~+40°C
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity

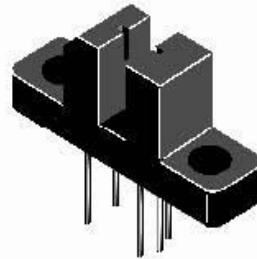
H21L SERIES OPTOLOGIC® OPTICAL INTERRUPTER SWITCH

PACKAGE DIMENSIONS



NOTES:

- Dimensions for all drawings are in inches (millimeters).
- Tolerance of $\pm .010$ (.25) on all non-nominal dimensions unless otherwise specified.
- Lead cross section is controlled between .050 (1.27) from the seating plane and the end of the leads.



FEATURES

- Black plastic housing
- Mounting tabs on housing
- Choice of inverter or buffer output functions
- Choice of open-collector or totem-pole output configuration
- TTL/CMOS compatible output functions

PART NUMBER DEFINITIONS

H21LTB	Totem-pole, buffer output
H21LTI	Totem-pole, inverter output
H21LOB	Open-collector, buffer output
H21LOI	Open-collector, inverter output

NOTES (Applies to Max Ratings and Characteristics Tables.)

- Derate power dissipation linearly 1.67 mW/°C above 25°C.
- Derate power dissipation linearly 2.50 mW/°C above 25°C.
- RMA flux is recommended.
- Methanol or isopropyl alcohols are recommended as cleaning agents.
- Soldering iron 1/16" (1.6mm) from housing.
- As long as leads are not under any stress or spring tension.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A = 25°C unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Rating	Units
Operating Temperature	T _{OP}	-40 to +85	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-40 to +85	°C
Soldering Temperature (Iron) ^{3,4,5,6}	T _{SOL-I}	240 for 5 sec	°C
Soldering Temperature (Flow) ^{3,4,6}	T _{SOL-F}	260 for 10 sec	°C
EMITTER			
Continuous Forward Current	I _F	50	mA
Reverse Voltage	V _R	5	V
Power Dissipation ^{1,2}	P _D	100	mW
SENSOR			
Output Current	I _O	50	mA
Supply Voltage	V _{CC}	4.0 to 16	V
Output Voltage	V _O	30	V
Power Dissipation ^{1,2}	P _D	150	mW



Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX5700 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

- 2.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Available in Differential and Gauge Configurations
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Durable Epoxy Unibody Element

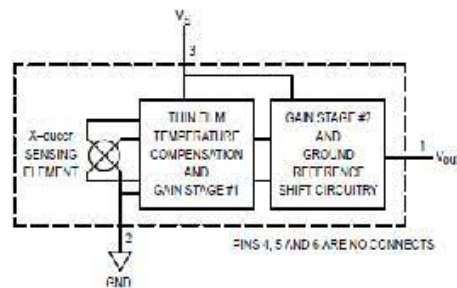


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic

MAXIMUM RATINGS(1)

Parameter(s)	Symbol	Value	Unit
Overpressure (P2 ≤ 1 Atmosphere)	P1max	2500	kPa
Burst Pressure (P2 < 1 Atmosphere)	P1burst	5000	kPa
Storage Temperature	Tstg	-40 to 1125	°C
Operating Temperature	TA	-40 to 1125	°C

1. TC = 25°C unless otherwise noted. Maximum Ratings apply to Case 867-08 only.
2. Extended exposure at the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.
3. This sensor is designed for applications where P1 is always greater than, or equal to P2.

Sensēon and X-taper are trademarks of Motorola, Inc.

REV 2

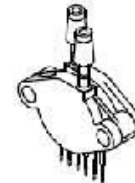
© Motorola, Inc. 1997

MPX5700 SERIES

INTEGRATED
PRESSURE SENSOR
0 to 700 kPa (0 to 101.5 psi)
0.2 to 4.7 V OUTPUT



BASIC CHIP
CARRIER ELEMENT
CASE 867-08, STYLE 1



DIFFERENTIAL
PORT OPTION
CASE 867C-05, STYLE 1

PIN NUMBER

Pin	Symbol	Pin	Symbol
1	Vout	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	VGS	6	N/C

NOTE: Pins 4, 5, and 6 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the Lead.



Selecting a Memory Module for the SLC 5/01 and SLC 5/02 Processors

You can plug these optional EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) memory modules into the SLC 500 controller. With a memory module, you can:

- save the contents of the processor RAM for storage purposes.
- load the contents of the EEPROM memory into the processor RAM.

Adapter sockets (catalog number 1747-M5) are required when inserting EEPROMs or UVPROMs into the programming and erasing equipment.

To program a memory module, see your programming software user manual.

EEPROM Memory Modules

These optional memory modules provide a non-volatile memory back up in a convenient modular form. The modules plug into a socket on the processor.

You can store (save) your program in the EEPROM by inserting it into the processor and programming software to download the program.

You can use an EEPROM module as a master, or you can use an archived processor file as the source by using the software PROM translator utility.

Adapter sockets are required when inserting memory modules into commercially available PROM programmer. The memory module fits into the adapter socket and then into a PROM programmer.

ATTENTION



Make sure the adapter is inserted properly into the programming equipment or damage could result.

Memory Module Compatibility

Cat. No.	Description	Use with this processor type		
		SLC 5/01		SLC 5/02
		1747-L511	1747-L514	1747-L524
1747-M1	1 K User Words EEPROM	X	X	X
1747-M2	4 K User Words EEPROM	X	X	X
1747-M5	Adapter Socket	X	X	X

Referencias

- Areny, R. P. (2007). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. México: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A.
- Bolton, W. (2001). *Ingeniería de Control*. Mexico : Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V. .
- Bóveda, L. D. (13 de Noviembre de 2017). *Papel: Del árbol hasta nuestras manos* . Obtenido de DiariodePontevedra : <https://www.diariodepontevedra.es/articulo/noticias/el-proceso-del-papel-desde-el-arbol-hasta-nuestras-manos/20171113171103899868.html>
- Cortez, F. R., Monjaras, J. C., & Soto, E. V. (2013). *Mecatrónica Control y Automatización*. Mexico : Alfaomega Grupo Editor .
- David G. Alciatore, M. B. (2008). *Introducción a la Mecatrónica y los sistemas de medición*. Mexico D.F.: McGraw Hill Interamerica .
- Ecured. (29 de septiembre de 2017). Obtenido de Presión: <https://www.ecured.cu/Presi%C3%B3n>
- Electronics, D.-K. (2011). *Digi-Key Electronics*. Obtenido de <https://www.digikey.com.mx/es/articles/techzone/2011/oct/temperature-sensors-the-basics>
- electronics, M. (Noviembre de 2018). *arduino.cl*. Recuperado el 07 de 02 de 2017, de ¿Que es Arduino?: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Elhinel. (15 de Octubre de 2017). Obtenido de Valvulas Neumáticas : http://www.elhinel.com.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=1192&Itemid=502
- Fernández, J. L. (Abril de 2013). *FISICALAB*. Obtenido de Velocidad : <https://www.fisicalab.com/apartado/velocidad#contenidos>
- Guerrero, O. E. (01 de febrero de 2008). *Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD*. Obtenido de PROCESOS DE MANUFACTURA : https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/4998/1/332571_Modulo2011.pdf
- Henry's Bench. (3 de octubre de 2016). Recuperado el 14 de febrero de 2017, de LM35 Arduino Temperature Sensor User Manual: <http://henrysbench.capnfatz.com/henrys-bench/arduino-temperature-measurements/lm35-arduino-temperature-sensor-user-manual/>
- Instruments, T. (Noviembre de 2006). *Texas Instruments*. Recuperado el 9 de noviembre de 2016, de Dual Low-Noise High-Speed Audio Operational Amplifier: <http://www.ti.com/product/NE5532>
- Jiménez, S. d. (2003). *Instalaciones Neumáticas* . Barcelona : Editorial UOC.
- López, B. S. (2016). *Procesos Industriales* . Obtenido de ingenieriaindustrialonline.com: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/>

- MAPRO Ingeniería S.A. (20 de Octubre de 2018). Obtenido de Sensores de presión:
<https://maprosensor.com/sensores-presion>
- Martinez, L. J. (febrero de 2012). *edunova*. Recuperado el 7 de septiembre de 2016, de
luisjmartinez.freetzi.com/procesamiento/proceso_datos.html
- Moreno, B. S. (14 de Diciembre de 2006). *Colección de Tesis Digitales*. Obtenido de Mediciones automatizadas de Alta Frecuencia vía LAN/GPIB:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/sanchez_m_b/capitulo1.pdf
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. madrid: PEARSON EDUCACION S.A.
- Pantoja, B. T. (16 de Diciembre de 2004). *Colección de Tesis Digitales*. Obtenido de Galgas extensiométricas: sus tipos y principios :
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/tron_p_b/capitulo3.pdf
- Peña, V. M. (2015). *Diagnosis de averías en pequeños electrodomésticos y herramientas eléctricas*. España: Editorial Elearning S.L. Recuperado el 1 de Noviembre de 2016, de
http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esotecnologia/quincena11/4quincena11_c ontenidos_3g.htm
- Planeta Saber Gran enciclopedia planeta*. (29 de mayo de 2017). Obtenido de Dispositivos electrónicos, activos y pasivos de un circuito:
<http://www.planetasaber.com/theworld/gats/secciones/cards/default.asp?pk=925>
- Ráez, M. A. (2 de Marzo de 2006). *Automatas.org*. Obtenido de Introducción al estándar IEC 1131-3:
<https://www.automatas.org/software.htm>
- Ríncon. (10 de Mayo de 2007). <https://www.blogger.com/profile/02418223871063483247>. Obtenido de Física en los Medios Electronicos:
<http://fisicaenlosmedios electronicos.blogspot.mx/2007/05/concepto-de-temperatura-y-su-medicin.html>
- Sapiensman*. (16 de agosto de 2017). Obtenido de
http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/velocidad_de_motores_electricos5.php
- SMC. (16 de Junio de 2019). Obtenido de Cilindros: <http://smc.com.mx/cilindros-linea-neumatica/>
- Tripod*. (mayo de 2019). Obtenido de Evolución de la instrumentación:
http://ingcaicedo.tripod.com/aut/Evol_Instrum.pdf
- Vildósola, E. (2019). *AIE*. Obtenido de Automatización, Instrumentación y Sensores:
<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>
- Villajulca, J. C. (2017). Recuperado el 13 de 02 de 2017, de instrumentacionycontrol.net:
<http://www.instrumentacionycontrol.net/cursos-libres/instrumentacion/curso-completo-instrumentacion-industrial/item/213-introducci%C3%B3n-a-la-instrumentaci%C3%B3n-industrial-para-el-control-de-procesos.html>

Tabla de imágenes

IMAGEN 1.1 PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA PASTA DE PAPEL	4
IMAGEN 1.2 SIMULACIÓN DE UN PROCESO QUE UTILIZA INSTRUMENTOS VIRTUALES.....	7
IMAGEN 1.3 PROCESO AUTÓNOMO QUE COMPARA TEMPERATURA PARA REGULAR LA VELOCIDAD DE UN VENTILADOR.....	9
IMAGEN 2.1 IDENTIFICACION DE UNA RESISTENCIA POR CODIGO DE COLORES	11
IMAGEN 2.2 REPRESENTACION DE UN CAPACITOR Y SIMBOLO EN UN DIAGRAMA ELECTRICO.....	12
IMAGEN 2.3 DIFERENTES SIMBOLOS PARA REPRESENTAR A UNA BOBINA Y SUS VARIANTES	13
IMAGEN 2.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN.....	15
IMAGEN 2.5 IMAGEN DE UN SENSOR PIEZOELÉCTRICO Y SU SÍMBOLO	17
IMAGEN 2.6 POTENCIÓMETRO IDEAL Y SU SÍMBOLO.....	17
IMAGEN 2.7 SEÑAL ANALÓGICA.....	19
IMAGEN 2.8 SEÑAL DIGITAL.....	20
IMAGEN 2.9 SISTEMA DE CONTROL RETROALIMENTADO.....	21
IMAGEN 2.10 DIAGRAMA DE UN SITEMA DE CONTROL A LAZO ABIERTO	22
IMAGEN 2.11 DIAGRAMA SISTEMA RETROALIMENTADO.....	23
IMAGEN 2.12 DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE CONTROL LAZO CERRADO	24
IMAGEN 2.13 ESQUEMA DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	25
IMAGEN 2.14 ARDUINO UNO.....	27
IMAGEN 2.15 CONSOLA NI ELVIS	27
IMAGEN 3.1 METODOS, ESTRATEGIAS Y ESTILOS DE ENSEÑANZA.....	28
IMAGEN 3.2 LABORATORIO CON INSTRUMENTOS TRADICIONALES	33
IMAGEN 3.3 EXTRACTO DE UN SISTEMA CON INSTRUMENTOS VIRTUALES	33
IMAGEN 4.1 IDENTIFICACION DE UNA RESISTENCIA POR CODIGO DE COLORES	35
IMAGEN 4.2 REPRESENTACION DE UN CAPACITOR Y SIMBOLO EN UN DIAGRAMA ELECTRICO.....	36
IMAGEN 4.3 DIFERENTES SIMBOLOS PARA REPRESENTAR A UNA BOBINA Y SUS VARIANTES.....	37
IMAGEN 4.4 RESPUESTA DE UN SISTEMA DE SEGUNDO ORDEN A UNA ENTRADA ESCALÓN.....	38
IMAGEN 4.5 SUITE NI ELVIS.....	39
IMAGEN 4.6 CONSOLA NI ELVIS	39
IMAGEN 4.7 CIRCUITO RCL.....	40
IMAGEN 4.8 NATIONAL INSTRUMENTS	40
IMAGEN 4.9 BOTÓN PARA ABRIR EL GENERADOR DE FUNCIONES	41
IMAGEN 4.10 BOTÓN PARA ABRIR EL OSCILOSCOPIO	41
IMAGEN 4.11 ELEMENTOS DE UN INSTRUMENTO DE MEDICIÓN.....	43
IMAGEN 4.12 DEFINICIÓN GRÁFICA Y SÍMBOLO DEL PIEZOELÉCTRICO	44
IMAGEN 4.13 POTENCIÓMETRO IDEAL Y SU SÍMBOLO.....	45
IMAGEN 4.14 SEÑAL ANALÓGICA.....	47
IMAGEN 4.15 SEÑAL DIGITAL.....	47
IMAGEN 4.16 AMPLIFICADOR OPERACIONAL EN CONFIGURACIÓN RESTADOR	48
IMAGEN 4.17 DISTRIBUCIÓN DE PINES EN EL CIRCUITO INTEGRADO	49
IMAGEN 4.18 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SENSOR LM35.....	50
IMAGEN 4.19 CIRCUITO AMPLIFICADOR CON GANANCIA 3.....	51
IMAGEN 4.20 DIAGRAMA DE AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.....	56
IMAGEN 4.21 DIAGRAMA DE AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.....	58
IMAGEN 4.22 TERMOPAR TIPO J.....	59
IMAGEN 4.23 DIAGRAMA AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN CON GANANCIA 1000.....	60

IMAGEN 4.24 CELDA DE CARGA HIDRÁULICA	66
IMAGEN 4.25 CELDA DE CARGA NEUMÁTICA.....	67
IMAGEN 4.26 PATRONES DE EXTENSÓMETROS DE HOJA.....	68
IMAGEN 4.27 SENSOR YZC-131	69
IMAGEN 4.28 DIAGRAMA DE UN AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN DE GANANCIA 100.....	70
IMAGEN 4.29 ENCODERS INCREMENTALES ÓPTICOS	74
IMAGEN 4.30 REPRESENTACIÓN DE UN CODIFICADOR INCREMENTAL.....	75
IMAGEN 4.31 LOS CANALES A Y B PROVEEN DETECCIÓN DE POSICIÓN BIDIRECCIONAL. SI EL CANAL A ADELANTA AL CANAL B, LA DIRECCIÓN ES EN SENTIDO HORARIO; SI EL CANAL B ADELANTA AL CANAL A, LA DIRECCIÓN ES EN SENTIDO ANTIHORARIO. EL CANAL Z PROPORCIONA UNA REFERENCIA CERO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS ROTACIONES DEL DISCO.....	76
IMAGEN 4.32 DISCO DE UN CÓDIGO BINARIO PARA UN CODIFICADOR ÓPTICO.....	77
IMAGEN 4.33 LOS CODIFICADORES LINEALES ÓPTICOS DIRIGEN LA LUZ A TRAVÉS DE UNA ESCALA DE VIDRIO MÓVIL CON GRADUACIONES GRABADAS HACIA LAS FOTOCÉLULAS SOBRE EL LADO OPUESTO PARA CONVERSIÓN A UN VALOR DE DISTANCIA.....	77
IMAGEN 4.34 DISPOSITIVO EFECTO HALL.....	78
IMAGEN 4.35 CONFIGURACIÓN DE PINES DEL SENSOR DE BARRERA.....	79
IMAGEN 4.36 SENSOR DE BARRERA H21A1	80
IMAGEN 4.37 ACOPLAMIENTO DE MOTOR CON ENCODER Y SENSOR DE BARRERA.....	80
IMAGEN 4.38 LOS LÍQUIDOS EJERCEN PRESIÓN EN TODAS DIRECCIONES.....	86
IMAGEN 4.39 KIT TUBOS PVC.....	89
IMAGEN 4.40 ETAPA DE CONTROL PARA EL COMPRESOR.....	90
IMAGEN 4.41 TRANSISTOR 2N2222A.....	90
IMAGEN 4.42 IMAGEN Y SÍMBOLO DEL DIODO RECTIFICADOR.....	91
IMAGEN 4.43 COMPRESOR DE AIRE.....	91
IMAGEN 4.44 ACOPLAMIENTO DEL SENSOR MPX5700.....	91
IMAGEN 4.45 CONEXIÓN DE EL SENSOR MPX5700 CON ARDUINO UNO.....	92
IMAGEN 4.46 CONFIGURACIÓN Y POLARIZACIÓN DEL SENSOR.....	93
IMAGEN 4.47 CONEXIÓN CON LA ETAPA DE CONTROL.....	93
IMAGEN 4.48 IMAGEN GRÁFICA DEL COMPRESOR.....	94
IMAGEN 4.49 COMPRESOR DE PISTON.....	100
IMAGEN 4.50 SÍMBOLOS DE VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS NEUMÁTICAS.....	101
IMAGEN 4.51 IMAGEN DE UN DIAGRAMA DE FASE.....	103
IMAGEN 4.52 FLUIDSIM NEUMÁTICA.....	103
IMAGEN 4.53 DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS EN FLUIDSIM.....	104
IMAGEN 4.54 DIAGRAMA ESCALERA DEL DISEÑO DE UN ENCLAVAMIENTO.....	105
IMAGEN 4.55 BOTÓN PLAY PARA INICIAR SIMULACIÓN.....	106
IMAGEN 4.56 PANEL DE CONFIGURACIÓN PARA VÁLVULAS.....	106
IMAGEN 4.57 DIAGRAMA DE 3 CILINDROS CONTROLADOS POR VÁLVULAS NEUMÁTICAS.....	107
IMAGEN 4.58 CONFIGURACIÓN DE CONEXIONES.....	107
IMAGEN 4.59 PANEL PARA CONFIGURAR MARCAS DE ACCIONAMIENTO.....	108
IMAGEN 4.60 CONFIGURACIÓN DE DISTANCIAS EN MM.....	108
IMAGEN 4.61 DIAGRAMA DE FASES.....	109
IMAGEN 4.62 DIAGRAMA COMPUESTO POR 4 PISTONES DE DOBLE EFECTO.....	110
IMAGEN 4.63 ESQUEMA DE UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	112
IMAGEN 4.64 EJEMPLO DE DIAGRAMA EN ESCALERA.....	114
IMAGEN 4.65 BLOQUES DE PROGRAMACIÓN LÓGICOS.....	114
IMAGEN 4.66 EXTRACTO DE PROGRAMA REALIZADO EN TEXTO ESTRUCTURADO.....	115
IMAGEN 4.67 CILINDRO SIMPLE EFECTO.....	116
IMAGEN 4.68 CILINDRO DOBLE EFECTO.....	116
IMAGEN 4.69 CARATULA RSLOGIX.....	117
IMAGEN 4.70 SUITE DE RSLOGIX 500.....	118

IMAGEN 4.71 CREACIÓN DE NUEVO PROYECTO	118
IMAGEN 4.72 SELECCIÓN DE CPU.....	119
IMAGEN 4.73 CONFIGURACIÓN DE RAC	119
IMAGEN 4.74 SELECCIÓN DE PUERTO DE ENTRADA.....	120
IMAGEN 4.75 SELECCIÓN DE PUERTO DE SALIDA.....	120
IMAGEN 4.76 MODULO LABORATORIO DE NEUMÁTICA L3.....	121
IMAGEN 4.77 DIAGRAMA DE FASE PARA 4 PISTONES	121
IMAGEN 4.78 CONEXIÓN DEL SOFTWARE CON EL PROGRAMA	122
IMAGEN 4.79 CARGA DE PROGRAMA EN EL PLC.....	122
IMAGEN 4.80 SELECCIÓN DE DRIVER.....	123
GRAFICA 4.1 SERIE TD: RESISTENCIA FRENTE A TEMPERATURA	56
GRAFICA 4.2 TERMOPAR TIPO J, COMPORTAMIENTO DE 0 A 740°C CON SALIDA DE VOLTAJE EN MILI VOLTS 59	
ECUACIÓN 4.1 ECUACIÓN CUADRÁTICA DE UN CIRCUITO RCL	38
ECUACIÓN 4.2 FORMULA AMPLIFICADOR OPERACIONAL RESTADOR.....	48
ECUACIÓN 4.3 GANANCIA DE UN AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.....	58
ECUACIÓN 4.4 ECUACION DE LA VELOCIDAD.....	73
ECUACIÓN 4.5 EXPRESION PARA CALCULAR LA PRESIÓN.....	84
TABLA 1.1 CLASIFICACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES.....	5
TABLA 2.1 MUESTRA DE SENSORES QUE EXISTEN SEGÚN LA VARIABLE FÍSICA A MEDIR	16
TABLA 4.1 TIPOS DE SENSORES.....	44
TABLA 4.2 TIPOS DE TERMOPARES.....	55
TABLA 4.3 COMPARACIÓN DE DESEMPEÑO DE CELDAS DE CARGA	66
TABLA 4.4 UNIDADES DE PRESIÓN Y SUS FACTORES DE CONVERSIÓN.....	85
TABLA 4.5 ELEMENTOS NEUMÁTICOS Y ELECTRICOS FLUIDSIM	105
CÓDIGO 1 PROGRAMA PARA SENSOR LM35 EN ARDUINO	52
CÓDIGO 2 PROGRAMA PARA MEDIR TEMPERATURA POR MEDIO DE UN TERMOPAR TIPO J.....	61
CÓDIGO 3 PROGRAMA PARA MEDIR FUERZA POR MEDIO DE UNA GALGA EXTENSIOMÉTRICA	71
CÓDIGO 4 PROGRAMA PARA MEDIR VELOCIDAD CON SENSOR DE BARRERA.....	82
CÓDIGO 5 PROGRAMA PARA ARDUINO SENSOR MPX5700 - ON-OFF COMPRESOR.....	97