



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO**

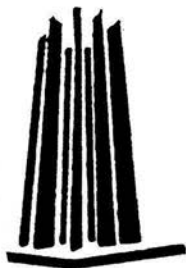
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS
INTELIGENTES”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉTRICO
AREA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA
P R E S E N T A :
SINUHÉ DE JESÚS ZAMBRANO TORRES**

ASESORA: ING. ELEAZAR MARGARITO PINEDA DÍAZ



MEXICO

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

AGRADECIMIENTOS

Por su gran apoyo, ayuda, orientación, y lo mas valioso su amistad a toda aquella persona que hizo posible la realización de esta tesis.

A Dios por darme la vida y la oportunidad de llegar a este momento tan especial de mi vida.

A mis padres que siempre me han apoyado a lo largo de mi vida brindándome amor, sabiduría y consejos; los cuales día con día me han dado fuerza para superarme y lograr terminar mis estudios.

Es por eso que hoy con gran orgullo y cariño les digo gracias, sin ustedes no hubiera logrado esta tesis.

A mi hermano porque en las buenas y en las malas siempre ha estado conmigo.

A mi familia por el apoyo que he tenido siempre de todos y en especial a mi tía Lucy y a mi abuelita Lupita porque en todo momento que he necesitado de ustedes siempre me han tendido la mano.

A todos mis profesores por todos sus conocimientos aptados a lo largo de mi carrera, en especial al Ing. Eleazar Margarito Pineda Diaz por asesorarme en este proyecto, porque sin su ayuda un hubiera sido posible la realización de esta tesis.

**I
N
D
I
C
E**

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
-------------------	---

TEMA I

DESCRIPCIÓN DE EDIFICIOS INTELIGENTES

I.1.- Definiciones.....	11
I.2.- Historia.....	12
I.3.- Características.....	14
I.4.- Una visión para el futuro.....	17
I.5.- ¿Qué es la domótica?.....	19
I.6.- Componentes para hacer una casa inteligente.....	25
I.7.- El sistema Hal 2000.....	27
I.8.- Protocolos.....	31
I.8.1.-X10.....	34
I.8.2.- C-Bus.....	35
I.8.3.- Instabus.....	39
I.8.4.- LonWorks.....	45

TEMA II

GENERALIDADES DE LOS TRANSDUCTORES

II.1.-Características de los transductores.....	48
II.1.1.-Principio de operación.....	50
II.1.2.-Características de la magnitud a medir.....	54
II.1.3.-Características eléctricas para su diseño.....	55
II.1.4.-Características mecánicas para su diseño.....	56
II.1.5.-Características de actuación.....	57
II.1.5.1.-Características estáticas.....	57
II.1.5.2.-Características dinámicas.....	60
II.1.5.3.-Características del medio ambiente.....	60
II.1.5.4.-Características de fiabilidad.....	62
II.2.-Sistemas de medición.....	63
II.2.1.-Mecánicas.....	64
II.2.2.-Fluidos.....	64
II.2.3.-Acústicos.....	65
II.2.4.-Térmico.....	65
II.2.5.-Optico.....	66
II.2.6.-Nuclear.....	66
II.2.7.-Eléctrico.....	66

INDICE

TEMA III

ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES

III.1.-Introducción.....	69
III.2.- Analógico- digital.....	71
III.3.- Digital- analógico.....	76
III.4.- Señales digitales y codificación.....	79
III.5.- Acondicionadores para sensores resistivos.....	80
III.6.- Acondicionadores para sensores de reactancia.....	83
III.7.- Acondicionadores para sensores generadores.....	84

TEMA IV.-

CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS COMPONENTES SENSORES PARA EDIFICIOS INTELIGENTES.

IV.1.-Introducción.....	86
IV.2.- Primarios.....	90
IV.2.1.-Sensores de temperatura.....	90
IV.2.2.-Sensores de presión.....	93
IV.2.3.-Sensores de flujo.....	94
IV.2.4.-Sensores de fuerza y par.....	95
IV.3.- Resistivos.....	95
IV.4.- Reactancia variable y electromagnéticos.....	96
IV.5.- Digitales.....	98
IV.6.- Inteligentes.....	99

CONCLUSIONES.....	101
-------------------	-----

BIBLIOGRAFÍA.....	102
-------------------	-----

**I
N
T
R
O
D
U
C
C
I
O
N**

INTRODUCCION

¿Qué es un edificio inteligente?

El concepto de edificio inteligente se define como una estructura que facilita a usuarios y administradores, herramientas y servicios integrados a la administración y comunicación.

Es un inmueble capaz de pensar. Debido al nombre con que se le conoce y al creciente avance tecnológico podría creerse tal posibilidad, sin embargo no se ha logrado reproducir de manera electrónica el complejo proceso de pensamiento.

Actualmente se ha conseguido dotar a estos edificios de sistemas de control central que dan la capacidad de administrar energía, automatizar actividades, eficientar telecomunicaciones y controlar la seguridad de ocupantes e instalaciones entre otros.

¿Qué es un sensor?

Son llamados así a los dispositivos que relacionan a un sistema con el entorno que les rodea, Básicamente un sensor no es más que una parte del conjunto del mecanismo encargado de advertir a los sistemas de control de la variación de alguna magnitud física, o enviar información sobre determinadas circunstancias externas.

Estos dos conceptos nos llevan al tema de esta tesis titulada "aplicación de sensores en edificios inteligentes".

Del concepto de edificio inteligente se genera la palabra domótica la cual se define como hogar automático o en otras palabras el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad , gestión de energía , comunicaciones, etc.

Una vez establecido el soporte físico y la velocidad de comunicación, un sistema domótico se caracteriza por el protocolo de comunicaciones que utiliza, que es el idioma que utilizan los diferentes elementos de control del sistema para comunicarse entre ellos. Algunos de estos protocolos tales como X-10, C-Bus, InstabusEIB, Lonworks, etc. los cuales se mencionan en el subtema 1.8. Dentro de la variedad de protocolos existentes se puede efectuar una clasificación primaria, atendiendo a su nivel de estandarización.

Protocolos estandar. Estos protocolos son los que son utilizados por diferentes empresas y que a la vez son compatibles entre ellos

Protocolos propietarios. Son aquellos que desarrollados por una empresa , sólo son capaces de comunicarse entre si.

Una vez establecidos estos conceptos y estos protocolos se comenzara a hablar de las características de los sensores (tema II).

El principal problema de los detectores es la falsa alarma que se ha tratado de resolver en la combinación de los diversos tipos de sensores. Por otro lado existen los sistemas operados por detectores para compuertas de compartimentación, el control de la presión positiva en ductos de escaleras y elevadores, el control programado de sistemas de acondicionamiento de aire, la iniciación de las alarmas y el voceo a la par de los sistemas de supresión de fuego por agua, espuma, polvo químico y gas. Dando a su vez aviso a la estación de bomberos.

Todo esto debe estar dentro del sistema central de control desde el cual se localiza el control de cada sensor, se revisa y reporta el estado de cada elemento, se establece el récord impreso de los sucesos diarios y se despliegan en pantalla los planos de instalación.

La capacidad para controlar un edificio depende en primer lugar del dispositivo que se tenga para detectar lo que está ocurriendo en cada momento. Esto ha sido siempre, y continúa siendo, uno de los mayores obstáculos en la automatización de las tareas que actualmente realizan los seres humanos, especialmente de aquellas que conllevan el uso de la visión.

El sensor ideal sería de reducido tamaño, duradero y fiable, y debería tener una precisión y resolución infinita. Su salida no sufriría desviaciones a causa de la temperatura o de cualquier otro factor ambiental, y, por supuesto, sería muy fácil de fabricar y tendría un costo reducido. A pesar del hecho de que hoy día están disponibles muchos sensores comercialmente, aún existe la necesidad de dispositivos más fiables y precisos, especialmente cuando el hecho de disponer de controladores seguros y baratos hace posible cada vez la automatización de más tareas.

Los tipos básicos de sensores están relacionados con las propiedades físicas que son necesarias para describir el mundo que nos rodea. En la automatización de un proceso es un requisito absolutamente necesario el poder realizar medidas precisas de todas estas propiedades. Existen muchas variedades de sensores que pueden proporcionar entradas a un controlador, desde los más sencillos interruptores hasta elaboradísimos detectores de partículas atómicas, y todos ellos se utilizan en diferentes tipos de sistemas automáticos.

Los sensores también permiten la adquisición de la información necesaria para el control de un edificio. En el estudio de los sensores debe involucrarse la medida de las magnitudes y su representación en forma compatible para su procesamiento.

En la toma de medidas siempre existe un cierto grado de incertidumbre. En principio, el incremento de la información hace posible la reducción de la incertidumbre.

Para ello se trata de tomar más medidas o de emplear sensores redundantes.

Existen diferentes portadores de información basados en distintos principios físicos y químicos. Así, entre los principios y parámetros involucrados cabe mencionar a los siguientes:

- Mecánica: posición, velocidad, tamaño, fuerza, etc.
- Termotecnia: temperatura, calor, entropía, etc.
- Electricidad: voltaje, intensidad, resistencia, capacidad, etc.
- Magnetismo: intensidad de campo, densidad de flujo, permeabilidad, etc.
- Química: concentración de un material, estructura cristalina, etc.
- Radiación (ondas electromagnéticas) de todas las frecuencias, desde ondas de radio a rayos γ : intensidad, frecuencia, polarización, fase, etc.

Con respecto al procesamiento y transmisión de la información, pueden emplearse también distintas tecnologías con limitaciones físicas diferentes, como son:

- Hidráulica mediante el empleo de componentes fluidicos. En este caso, existe el límite de la velocidad del sonido en un fluido, que es de aproximadamente 10^3 m/s.
- Eléctrica y electrónica que en la actualidad se emplean circuitos electrónicos. El límite de velocidad viene dado por la movilidad de las cargas en un material semiconductor, que es de aproximadamente 10^5 m/s.
- Radiante empleando componentes ópticos. El límite es la velocidad de la luz en una guía de onda es aproximadamente 10^8 m/s.

En la actualidad, se emplea casi con exclusividad el procesamiento electrónico.

Para su empleo es necesario traducir las magnitudes a señales eléctricas. Nótese que los sensores realizan frecuentemente transformaciones de energía. Así, por ejemplo, en un codificador óptico, la entrada es la rotación mecánica del eje y la salida una señal eléctrica. En esta transformación se emplea un haz de luz como fuente auxiliar de energía. Esta energía auxiliar, modulada por la rotación mecánica, produce una señal de la salida.

En numerosas aplicaciones, además de las propias magnitudes, interesa conocer sus derivadas en el espacio o en el tiempo. Para ello puede precederse a la medida de la magnitud y al cálculo de la derivada mediante procesamiento. También es posible la medida directa de la derivada, tal como la velocidad de giro de un eje mediante un tacómetro, esto se explica mejor en el tema IV.

El empleo de fuentes de energía adicional a la de la señal de entrada permite realizar una primera clasificación de sensores. Así, existen sensores que realizan la conversión directa de la energía de la señal. Como ejemplo, cabe mencionar las células fotoeléctricas de selenio. Para el funcionamiento básico de estos sensores no se requiere fuente de potencia adicional. Producen salida cero para entrada cero.

Sin embargo, en otros casos, se requiere una modulación con un aporte de energía con fuente diferente de la serial entrada. Este principio es de interés para realizar medidas con señal débil. Como ejemplo, cabe mencionar un puente de galgas extensiométricas. Se necesita hacer pasar corriente por resistencias para producir la salida.

Otra clasificación posible de sensores es según el carácter absoluto o relativo de las medidas que produzcan. Así, cabe distinguir entre los sensores, tales como los potenciómetros, cuya salida es un valor absoluto que representa sin ambigüedad a la señal de entrada, y los sensores incrementales cuya salida sólo indica la magnitud del cambio en la señal de entrada.

Entre las características más significativas para evaluar los sensores se encuentran:

- linealidad.- la característica entrada/salida es lineal. Normalmente se evalúa la separación máxima de la línea recta.
- Histéresis.- la salida del sensor para una determinada entrada varía dependiendo de que la entrada esté aumentando o disminuyendo.
- Repetibilidad.- es la variabilidad de la salida ante la misma entrada.
- Resolución.- es el cambio más pequeño en la entrada que puede ser detectable a la salida.
- Sensibilidad.- un pequeño cambio en la entrada causa un pequeño cambio en la salida. Normalmente se cuantifica por la relación entre el cambio en la salida dividido por el cambio en la entrada.
- Ruido.- es el nivel de señal espuria en la salida que no corresponde a un cambio en la entrada.
- Comunicación bidireccional.- la transmisión de la información medida se realiza bajo petición, controlándose funciones locales.
- Autocalibración.- se trata de compensar variaciones de características con el tiempo o con condiciones ambientales.
- Futrados, reducción de información en general y compensación de no linealidades.
- Fusión multisensorial.- medidas diferentes con diversos sensores y obtención de una estimación en función de todas las medidas.

Los sistemas de control en edificios son funcionalmente descompuestos según una estructura jerárquica. En el nivel inferior se realizan las tareas de servocontrol y supervisión de las articulaciones. La mayor parte de los edificios actuales emplean servomecanismos convencionales con realimentaciones de oscilación y velocidad para generar señales de control sobre los actuadores de las articulaciones. Típicamente, los parámetros del controlador son fijos aunque varíen significativamente las condiciones de trabajo con la carga o con el propio movimiento.

Para mejorar las prestaciones se investiga en técnicas para identificar modelos suficientemente fiables de la dinámica del edificio y en métodos de control de funcionalidad que permitan compensar las no linealidades y acoplamientos, y optimizar el comportamiento dinámico. Asimismo, se trabaja en nuevos métodos de control adaptativo, que permitan tener en cuenta los cambios en las condiciones de trabajo, y en métodos de

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

control con aprendizaje para mejorar progresivamente la respuesta en operaciones repetitivas, típicas en edificios inteligentes.

El segundo nivel de control se ocupa de la generación de trayectorias, entendiendo por tal la evolución del órgano terminal cuando se desplaza de una posición a otra. El generador de trayectorias debe suministrar a los servomecanismos las referencias apropiadas para conseguir la evolución deseada del órgano terminal a partir de la especificación del movimiento deseado en el espacio de la tarea. Para obtener las referencias que corresponden a las articulaciones en un determinado punto del espacio de trabajo, es necesario resolver el modelo geométrico inverso que es no lineal.

Los niveles superiores se ocupan de la comunicación con el usuario, interpretación de los programas, percepción sensorial y planificación.

TEMA I

“DESCRIPCION DE EDIFICIOS INTELIGENTES”

TEMA I .- DESCRIPCIÓN DE EDIFICIOS INTELIGENTES

I.1.-Definiciones.

Es muy difícil dar con exactitud una definición sobre un edificio inteligente, por lo que se citarán algunos conceptos:

un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización.

Se considera como edificio inteligente aquél que posee un diseño adecuado que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort.

Un edificio es inteligente cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, sean inherentes en el diseño y administración del edificio.

El concepto de edificio inteligente gira en torno a los principios de diseño interdisciplinario, flexibilidad, integración de servicios, administración eficiente y mantenimiento preventivo. A partir de ello se puede definir como aquella edificación que desde su diseño hasta la ocupación por el usuario final, centra su objetivo en el ahorro de energía y recursos.

El diseño de las instalaciones debe incorporar flexibilidad, característica que permite integrar en la edificación las tecnologías que se desarrollen a futuro, así como la modificación de su distribución física. Tales inmuebles también se caracterizan por la seguridad y la operación realizada mediante un estricto control y acciones de mantenimiento preventivo.

En la actualidad, el concepto de edificio inteligente ha traspasado fronteras y ha llegado a otro tipo de construcciones nuevas o remodelaciones, distintas de las tradicionales oficinas corporativas, como son hospitales, hoteles, bancos, museos, estacionamientos y casas inteligentes, entre otras.

I.2.- Historia.

Charles Babbage, nacido en 1792, suele ser considerado el padre de la moderna informática, como tal lo es también de la Inteligencia Artificial (I.A.). Tras crear en 1820 la Royal Astronomical Society se vió obligado a recopilar tablas de referencia. Este trabajo llegó a desesperarle por lo que inventó dos máquinas de calcular así como la Máquina Diferencial (Difference Engine) y la Máquina Analítica (Analytical Engine).

Ada Lovelace, colega de Babbage, tradujo la ponencia realizada en 1842 por un ingeniero militar italiano, L. F. Menabrea, sobre la Máquina Analítica añadiendo además notas complementarias. Esto fue muy importante para el futuro de la computación electrónica, pues quedaron demostrados en términos mecánicos los componentes esenciales para cualquier sistema de computación de propósito general:

- Entrada de datos.
- Almacenamiento de los datos.
- Unidad Aritmética.
- Unidad de Control.
- Salida de datos.

Alan Turing contribuyó notablemente a la aparición de la IA. De hecho se le considera uno de los padres de la IA. En 1937 publicó una ponencia sobre números computables, donde expuso el concepto de la máquina universal de Turing afirmando que la máquina puede desarrollar cualquier procedimiento matemático siempre que se le proporcione una tabla adecuada de instrucciones. Turing, después de trabajar durante la Segunda Guerra Mundial en el descifrado de codificaciones secretas en Bletchley Park, marchó al National Physical Laboratory, en Teddington, para contribuir en el diseño de la Ingeniería Automática de Computación ACE (Automatic Computing Engine)

En 1945 John Von Neumann, que contribuyó a caldear el debate de la IA al introducir el concepto de sistema informático autorreproductible, comenzó el diseño del EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) incluyendo por primera vez el concepto de control por programa almacenado. Este ordenador adoptó la nueva arquitectura de Von Neumann donde existen dos partes que operan según ciclos de reloj: la CPU que opera sobre los datos y la memoria, donde se almacenan dichos datos.

En 1974 Turing desarrolló, en la Universidad de Cambridge, sus ideas de que el sistema ACE podría modelar las funciones del cerebro humano tal y como plasmó en el informe Maquinaria de Computación e Inteligencia.

El término inteligencia artificial se cree que fue utilizado por primera vez en 1956 por John McCarthy (inventor del lenguaje LISP), profesor auxiliar de matemáticas del Dartmouth College en Hanover (USA). Convocó una conferencia, la conferencia de Dartmouth que está considerada con el comienzo de la IA, en la que pretendía reunir a los investigadores de dicho campo de la informática. Varios de los asistentes (Allen Newell, Herbert Simon, Marvin Minsky) y el propio John McCarthy están reconocidos universalmente como destacados pioneros en IA.

Newell y Simon informaron de sus trabajos realizados entre los que se encontraba el Logic Theorist, programa para la demostración de teoremas que utilizaba símbolos en sustitución de cantidades numéricas (se le considera el primer programa efectivo de IA).

Marvin Minshky, que trabajó con Claude Shanon en Bell Laboratories, estimuló el desarrollo de la inteligencia sintética a través del Proyecto MAC del MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts).

Edward Feigenbaum, de la Universidad de Stanford, desarrolló Dendral, el primer sistema experto, utilizándolo en el análisis e interpretación de datos de espectrometría de masas para determinar estructuras moleculares y constituyentes atómicos.

Terry Winograd, otro profesor de Stanford, desarrolló el programa SHRDLU que era capaz de manipular formas simuladas de objetos como si fuesen piezas de Lego (famoso juego danés de construcción por bloques). Este programa admite especificaciones sobre los bloques simulados y permite cualquier reconfiguración de los mismos.

Estos primeros investigadores en IA se concentraron excesivamente en la resolución de problemas de tipo general, por lo que los esfuerzos fueron muy infructuosos debido a la explosión combinatoria. Al comprenderse más tarde que los ordenadores tal vez podrían programarse de modo similar al pensamiento humano, es decir, aplicando conocimientos relativos al problema a resolver, se produjo un nuevo énfasis en el estudio de cómo representar conocimientos en los sistemas informáticos y obtener conclusiones lógicas a partir de ellos. Esto llevaría a que el tema fundamental de investigación sobre IA en la década de los setenta fueran los sistemas basados en conocimientos, esto es, los actuales sistemas expertos.

Surgimiento de edificios inteligentes.- la crisis energética que se produjo en Europa durante la década de los sesenta motivó a ingenieros y arquitectos a idear una forma de edificación que considerara el ahorro de energía. De esta manera, se buscó la construcción de edificaciones que emplearan la energía mínima necesaria para operar y con el paso del tiempo se logró incorporarles servicios que optimizan su funcionalidad.

El vicepresidente del Sector Constructivo del Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (IMEI), ingeniero Guillermo Casar Marcos, menciona que en México tal organismo ha establecido los lineamientos básicos y las normatividades necesarias que debe cumplir la construcción de un inmueble de este género. En nuestro país hay ocho edificios que el IMEI ha calificado como inteligentes, entre los que se encuentra el World Trade Center ciudad de México.

I.3.-Características

Las características de un edificio inteligente, son los siguientes:

I.-Arquitectónicos

- a) Satisfacer las necesidades presentes y futuras de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio.
- b) La flexibilidad, tanto en la estructura como en los sistemas y servicios.
- c) El diseño arquitectónico adecuado y correcto.
- d) La funcionalidad del edificio.
- e) La modularidad de la estructura e instalaciones del edificio.
- f) Mayor confort para el usuario.
- g) La no interrupción del trabajo de terceros en los cambios o modificaciones.
- h) El incremento de la seguridad.
- i) El incremento de la estimulación en el trabajo.
- j) La humanización de la oficina.

II.-Tecnológicos

- a) La disponibilidad de medios técnicos avanzados de telecomunicaciones.
- b) La automatización de las instalaciones.
- c) La integración de servicios

III.-Ambientales

- a) La creación de un edificio saludable.
- b) El ahorro energético.
- c) El cuidado del medio ambiente.

IV.-Económicos

- a) La reducción de los altos costos de operación y mantenimiento.
- b) Beneficios económicos para la cartera del cliente.
- c) Incremento de la vida útil del edificio.
- d) La posibilidad de cobrar precios más altos por la renta o venta de espacios.
- e) La relación costo-beneficio.
- f) El incremento del prestigio de la compañía.

V.- Características

- a) Flexibilidad y adaptabilidad relacionadas con un costo, ante los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes.
- b) Altamente eficiente en el consumo de energía eléctrica.
- c) Capacidad de proveer un entorno ecológico habitable y altamente seguro, que maximice la eficiencia en el trabajo a niveles óptimos de confort de sus ocupantes.
- d) Centralmente automatizado para optimizar su operación y administración en forma electrónica.

VI.-Los cuatro elementos básicos

El IBI divide las necesidades de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio en cuatro partes o elementos:

a).- La estructura del edificio. Todo lo que se refiere a la estructura y diseño arquitectónico, incluyendo los acabados y mobiliario. Entre sus componentes están: la altura de losa a losa, la utilización de pisos elevados y plafones registrables, cancelería, ductos y registros para las instalaciones, tratamiento de fachadas, utilización de materiales a prueba de fuego, acabados, mobiliario y ductos para cableado y electricidad.

b) Los sistemas del edificio. Son todas las instalaciones que integran un edificio. Entre sus componentes están: aire acondicionado, calefacción y ventilación, energía eléctrica e iluminación, controladores y cableado, elevadores y escaleras mecánicas, seguridad y control de acceso, seguridad contra incendios y humo, telecomunicaciones, instalaciones hidráulicas, sanitarias y seguridad contra inundación.

c) Los servicios del edificio. Como su nombre lo indica, son los servicios o facilidades que ofrecerá el edificio. Entre sus componentes están: comunicaciones de video, voz y datos; automatización de oficinas; salas de juntas y cómputo compartidas; área de fax y fotocopiado; correo electrónico y de voz; seguridad por medio del personal; limpieza; estacionamiento; escritorio de información en el lobby o directorio del edificio; facilidad en el cambio de teléfonos y equipos de computación; centro de conferencias y auditorio compartidos, y videoconferencias.

d) La administración del edificio. Se refiere a todo lo que tiene que ver con la operación del mismo. Entre sus variables están: mantenimiento, administración de inventarios, reportes de energía y eficiencia, análisis de tendencias, administración y mantenimiento de servicios y sistemas. La optimización de cada uno de estos elementos y la interrelación o coordinación entre sí, es lo que determinará la inteligencia del edificio.

VII.-Grados de inteligencia

Existen tres grados de inteligencia, catalogados en función de la automatización de las instalaciones o desde el punto de vista tecnológico:

a).- Grado 1. Inteligencia mínima o básica. Un sistema básico de automatización del edificio, el cual no está integrado.

- Existe una automatización de la actividad y los servicios de telecomunicaciones, aunque no están integrados.

b) Grado 2. Inteligencia media. Tiene un sistema de automatización del edificio totalmente integrado.

- Sistemas de automatización de la actividad, sin una completa integración de las telecomunicaciones.

c) Grado 3. Inteligencia máxima o total. Los sistemas de automatización del edificio, la actividad y las telecomunicaciones, se encuentran totalmente integrados. El sistema de automatización del edificio se divide en: sistema básico de control, sistema de seguridad y sistema de ahorro de energía.

- El sistema básico de control es el que permite monitorear el estado de las instalaciones, como son: eléctricas, hidrosanitarias, elevadores y escaleras eléctricas, y suministros de gas y electricidad.

- El sistema de seguridad protege a las personas, los bienes materiales y la información. En la seguridad de las personas, destacan los sistemas de detección de humo y fuego, fugas de gas.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

suministro de agua, monitoreo de equipo para la extinción de fuego, red de rociadores, extracción automática de humo, señalización de salidas de emergencia y el voceo de emergencia. Para la seguridad de bienes materiales o de información, tenemos el circuito cerrado de televisión, la vigilancia perimetral, el control de accesos, el control de rondas de vigilancia, la intercomunicación de emergencia, la seguridad informática, el detector de movimientos sísmicos y el de presencia.

- El sistema de ahorro de energía es el encargado de la zonificación de la climatización, el intercambio de calor entre zonas, incluyendo el exterior, el uso activo y pasivo de la energía solar, la identificación del consumo, el control automático y centralizado de la iluminación, el control de horarios para el funcionamiento de equipos, el control de ascensores y el programa emergente en puntos críticos de demanda.

VIII.-Fases de desarrollo

Las fases de la producción de un edificio, son:

- a) fase proyectual
- b) fase constructiva
- c) fase operativa

a).-Fase proyectual

Hoy en día para proyectar un edificio, sobre todo si se trata de un edificio inteligente, debe conformarse un equipo de trabajo con el propósito de lograr los más óptimos resultados. Este equipo lo componen: propietarios del edificio y usuarios, arquitectos, arquitectos paisajistas, restauradores de monumentos, gerente de operaciones, ingenieros civiles, hidráulicos, eléctricos, de telecomunicaciones e informática, consultores en instalaciones especiales, compañía constructora, proveedores de sistemas y servicios, y compañías de suministro de servicios de electricidad, agua, teléfono y gas. De esta forma existe la posibilidad de diseñar el inmueble con base en una comunicación constante, pues el trabajo en equipo es indispensable para obtener un edificio inteligente. Una evaluación y verificación aprobatoria del proyecto ejecutivo en los aspectos arquitectónico, tecnológico y financiero, nos permitirá continuar con la siguiente fase.

b) Fase constructiva

Se refiere a la ejecución de la obra, con base en los planos ejecutivos. En esta fase intervienen las compañías constructoras, contratistas, subcontratistas y demás elementos del equipo de trabajo de la etapa proyectual, con su asesoría, supervisión y aprobación.

c) Fase operativa

Los buenos resultados de la primera y segunda fases se ven reflejados en esta última, en la que están involucrados los usuarios, propietarios y el personal de administración y mantenimiento, quienes tienen la responsabilidad de operar, utilizar y mantener las instalaciones en óptimo estado. Para esto debe entrenarse al personal técnico, con el propósito de que intervenga adecuadamente desde el primer día.

I.4.-Una visión para el futuro.

Un edificio inteligente es aquél que provee de un ambiente productivo y de costo eficiente a partir de la optimización e interrelación de los cuatro elementos que lo componen: su estructura, su sistema, sus servicios y administración. El edificio inteligente ayuda a sus propietarios administradores y ocupantes a realizar sus actividades con confort seguridad flexibilidad a costos convenientes para su comercialización. El edificio inteligente debe satisfacer hoy día las necesidades de sus propietarios e inquilinos, puede ser fácilmente remodelado o ampliado para futuras necesidades, debe ahorrar en el costo de sus sistemas y de operación.

Los sistemas de un edificio inteligente son: el de telecomunicaciones (voz), la automatización del trabajo de oficinas (información), la automatización del edificio (confort), los cuales trabajan de manera separada.

Sin embargo si éstos sistemas trabajaran conjuntamente el edificio trabajaría mejor. Es decir un edificio inteligente requiere de sistemas inteligentes, lo cual lleva a proponer los sistemas de integración. Los cuales tienen como objetivo el ahorro en el costo de instalación y operación, son de gran influencia tecnológica y deben de construir un sistema experto de decisiones de soporte y de información, la cual al transmitirse de forma electrónica evita los errores humanos comunes en la transferencia por papel.

El nivel de integración requiere la liga de la comunicación compartiendo de forma continua la información en procesos conectados de persona a persona. Así un ambiente de calidad de un edificio consiste en presentar un alto nivel que el propietario puede escoger para proveer salud, confort, productividad y seguridad a sus ocupantes, y por otro lado eficiencia en el uso de la energía y financiera para el propietario.

Para poder medir la calidad del ambiente de un edificio se deben considerar los siguientes puntos:

- Las percepciones del usuario.
- El clima interno.
- La calidad de los servicios (cafetería, fotocopiado, correspondencia, teléfono, etc.)
- La calidad arquitectónica y mecánica del edificio.
- Los costos de operación.

El apropiado nivel de calidad de un ambiente de trabajo depende de las funciones del edificio y está determinado por su propietario o administrador. Lo mínimo aceptable es que el sistema opere como fue diseñado con todos sus estándares y códigos. Es decir que la calidad del ambiente de un edificio inteligente debe de estar basada en la abierta integración a su arquitectura, en la incorporación de equipos de manufactura original, el manejo en los servicios, en la utilización del poder eléctrico y en la calidad del aire interior del edificio, es decir buscar un sistema de integración de los servicios de información, de los sistemas de control, del acondicionamiento del aire, de la administración del edificio, del control de los elevadores, de la seguridad del edificio, del control de los accesos, de los sistemas contra incendios, de los

sistemas de iluminación, entre los principales sistemas de un edificio inteligente; bajo un protocolo de comunicación compatible con LonWorks y BACnet llamado Metasys.

El futuro hogar inteligente se compone de un sistema de comunicación que facilita la interoperabilidad entre sus sistemas. Por interoperabilidad se entiende aquella habilidad de conectar sistemas de control de diferentes fabricantes en un sistema central de automatización.

La interoperabilidad existe desde 1970 en sistemas neumáticos y controladores electrónicos, y es a partir de la década de los 80's en que surgen los controladores digitales DDC sin olvidar que cada uno de los fabricantes desarrolla su propio protocolo.

Hoy día se utilizan microprocesadores para controlar la variedad de equipos mecánicos en un edificio como lo es el aire acondicionado, sistema contra incendio, iluminación y elevadores. Estos microprocesadores han establecido métodos propios de comunicación (protocolos, diferentes según el fabricante). Lo cual ha llevado a la necesidad de buscar integrar fácilmente los sistemas de control a un sistema central, es decir a manejar el sistema de interoperabilidad.

Los nuevos protocolos estándar son fundamentalmente:

BACnet, creado por ASHRAE y su principal función es facilitar la interoperabilidad entre sistemas creando con ello grandes posibilidades en el campo de la automatización y de los edificios inteligentes. BACnet establece el formato en que la información debe ser transmitida, basado en las siete capas de información utilizado por ISO 9000. Utiliza el concepto de objetos y propiedades para intercambiar datos análogos binarios y archivos. Elimina la necesidad de mantener las numerosas interfases especiales e integra medios de comunicación de alta tecnología que son aceptados por la industria LonTalk.

Internet: plataforma para la cocina del futuro.-

cada vez queda menos para que podamos vivir en un hogar inteligente. Hoy en día ya se puede tener en casa un frigorífico con acceso a Internet, una especie de video-portero desde el que se puede hacer la compra, ver la televisión o, por supuesto, navegar por Internet.

LIVE-IN, cuyo centro neurológico se encuentra en la cocina, es un sistema interactivo de control electrónico que conecta entre sí los electrodomésticos de la casa y que se puede manejar desde un ordenador, a su vez programable desde un móvil. Esto permite que no sea necesaria la presencia del usuario en casa para realizar las labores domésticas.

El más novedoso de los electrodomésticos del futuro es el "screenfridge", un frigorífico equipado con un ordenador y con una pantalla táctil en su puerta que puede realizar, entre otras labores propias del hogar, el proceso de la compra, desde la elaboración de la lista, hasta el pago propiamente dicho, sin que el usuario se mueva de casa. El screenfridge también se preocupa de nuestra alimentación, y puede planificar y recomendar los alimentos que hay que adquirir en función de la dieta o de nuestro presupuesto. Para los menos aventurados en la cocina, incorpora un archivo-recetario.

Con este frigorífico los alimentos no volverán a perecer en el interior de la nevera puesto que memoriza su fecha de caducidad y nos avisa de cuando ésta se acerca. El frigorífico más

inteligente también incorpora una cámara de vídeo, con la que podemos grabar mensajes o avisos a otros miembros de la casa, así como ver quién está llamando a la puerta.

A pesar de que el proyecto del hogar inteligente será realidad en un par de años, su elevado coste, equiparable al de un Ferrari, hará que muchos de nosotros permanezcamos en el hogar tradicional, menos sofisticado, pero más accesible.

I.5.-¿Qué es la domótica?

La palabra domótica esta siendo una de las expresiones que más se relacionan con el progreso en los últimos años, sin embargo este concepto no sería del todo cierto. El concepto de domótica sí que es relativamente reciente, sin embargo no es la tecnología, que este concepto conlleva, lo que es reciente (salvo algunas excepciones), sino la aplicación de dicha tecnología que esta palabra lleva en su significado. Aplicación de la tecnología y la automática a la vida doméstica.

La evolución hacia el concepto de domótica proviene de la disgregación en dos conceptos diferentes, de lo que se ha llamado durante mucho tiempo edificios inteligentes. Por un lado tenemos los llamados sistemas de gestión de edificios. Estos sistemas gestionan y dirigen las acciones y consumos, proporcionando informes detallados de consumos y ahorros, priorizando unos automatismo sobre otros, y gestionando toda la vida automática en el edificio. Esto puede llegar a hacer sentir a los habitantes del edificio que están viviendo con alguien más, con el gestor, que nos les permite hacer esas cosas prohibidas, es decir, se corre el riesgo de deshumanizar algo tan privado como es la vida doméstica.

Por otro lado están los llamados sistemas de control, estos sistemas están enfocados más hacia el control de los automatismo, pero el control por el usuario, no por un software o algo similar.

El usuario nota que tiene el control, y ese control lo ejerce mediante el sistema, para ahorrar o derrochar, yo controlo yo decido. Podemos hacer que una luz se encienda al abrir la puerta, o que se cierren automáticamente el gas y el agua, se bajen las persianas y se apague la calefacción cuando activo la alarma al salir de casa, pero todo ello porque yo quiero, no porque el sistema quiera, yo mando sobre el sistema.

Ambos sistemas no son incompatibles, ni mucho menos, sino que son totalmente complementarios. Juntos formarían el edificio inteligente completo.

Al hablar del concepto de domótica en sí, que estaría mucho más cerca de un sistema de control que de un sistema de gestión, nos encontramos con dos tipos de filosofía principales. La primera es la filosofía de los sistemas domóticos restringidos, que llamamos así porque no

permiten utilizar los mecanismos (interruptores, pulsadores, etc) que desee el usuario, sino que limitan el abanico de posibilidades de elección a los modelos y marcas que son compatibles con sus sistemas. En este grupo nos podemos encontrar con las grande marcas eléctricas, los magnates del mercado eléctrico en Europa, pero que no potencian ni imaginan verdaderas soluciones domóticas a la vida cotidiana, aunque camuflen su dejadez o falta de imaginación en teóricos estándares de comunicación europeos y otras especies, posiblemente porque su mercado y facturación siguen estando en el lado eléctrico de la vida, no en el electrónico.

En el otro lado está la otra filosofía, la que dice tú haz lo que quieras, yo te lo controlaré, con esta filosofía es con la que trabajan los fabricantes del país de la domótica, USA (o Home Automation como ellos lo llaman). Estos sistemas controlan todo lo que se instala en las viviendas y es susceptible de ser controlado. Toldos, persianas, electro válvulas, luces, puertas automáticas, aires acondicionados, televisores, videos, equipos de música, DVD, y ese largo etcétera de equipos, electrodomésticos y sistemas con los que convivimos día a día.

En el primer caso tendríamos los sistemas de corrientes portadoras (X-10) sencillos de instalar y económicos, pero que se transforman en un juguete al pasar a controles más sofisticados como son los equipos de aire acondicionado etc.

En segundo lugar tendríamos al sistema Cardio de la firma Secant, ideal para viviendas unifamiliares y con la gran característica de no necesitar de ningún tipo de ordenador para su programación o control. Este sistema combina a la perfección la conexión punto a punto con la compatibilidad del X-10. Controla iluminación, motores, equipos de aire acondicionado y calefacción, es capaz de almacenar escenas que creamos de una forma intuitiva y lógica a través de los iconos de su pantalla táctil de control, para luego reproducirlas cuando nosotros deseemos.

Por último están los sistemas de las firmas Vantage y Crestron. Sistemas de integración y control, capaces de controlar todo lo controlable, reproducir infrarrojos, controlar vía RS-232 y RS-485, ampliables hasta límites insospechados, capaces de convertir los ordenadores de una LAN en pantallas de control, y llegar hasta el último rincón del mundo con la ayuda de Internet.

Comunicados por BUS o por radio frecuencia. Monodireccional o bidireccional. Integrandos sistemas de seguridad, incendios, detección de averías, apertura de puertas, ventilación, sistemas de aire acondicionado, equipos audiovisuales, etc. con el fin de poder simultanear una respuesta de cualquiera de ellos ante el estímulo de cualquier otro. Con una referencias tan importantes como pueden ser la Casa Blanca, la vivienda de Bill Gates o de Bruce Willis, y con instalaciones tan complejas y espectaculares como el Discovery Center en Singapur.

Todo ese control puede ser realizado con estos sistemas y realizar lo siguiente:
a).- Automatizar su entorno.- Una de las ideas preconcebidas de la casa electrónica es llenar la casa de aparatos de difícil uso que hacen posteriormente inútil su coordinación. Nada más lejos de la realidad, ya que el centro neurálgico hipotético de toda esta debate ya es hoy un dispositivo familiar en nuestras casas el ordenador personal; pues bien, basándonos en toda esta inteligencia y añadiéndole la que con la practica uno es capaz de desarrollar, vamos a disfrutar

de una serie de aparatos que no solo van a hacer nuestra vida más cómoda sino que además son capaces de mantener nuestra seguridad, nuestra economía y un uso más racional de la energía.

b).- Seguridad.- La seguridad, no solo es aquella vieja sirena que se activa cuando alguien intenta forzar nuestra puerta, ahora es algo más, es el dispositivo inteligente que puede llamarte a la oficina si alguien amenaza la seguridad de tu hogar, es el dispositivo que puede encender las luces simulando una presencia en casa y disuadir así a los amigos de lo ajeno, activar una cámara que grabe en vídeo a nuestro intruso.

c).- Economice energía.- Inmediatamente rentable, los sistemas inteligentes permiten una buena gestión de la calefacción, del aire acondicionado, de aquellas luces que hemos olvidado apagar y todo a base de una gestión cómoda e inteligente.

d).-Confort, comodidad.- La mayor parte de nuestros equipos caseros de audio, vídeo, televisión posee un mando a distancia, todo lo anterior y además un montón de cosas más podemos controlarlo con nuestra voz.

Alcances de la domótica.-

en los últimos años nuestro lenguaje cotidiano se ha visto invadido por nuevos términos provenientes del campo de la técnica, que suponíamos circunscrito al uso de especialistas.

El auge de la informática de la mano de Microsoft y la incursión vertiginosa de internet, como nuevo medio de comunicación, han modificado las costumbres de las personas. El vocabulario urbano ha naturalizado palabras como modem, protocolo, internet, redes electrónicas, etc. Y las prácticas individuales en la rutina diaria se han visto modificadas en virtud de la necesidad de adaptarse al uso de las nuevas tecnologías.

En este contexto de nuevas tecnologías, domótica aparece como un término nuevo que sin duda está en esa etapa de desarrollo y que muy pronto pasará a formar parte de nuestras conversaciones habituales.

Su origen etimológico proviene de la palabra francesa domotique que podría interpretarse como la conjunción de dos palabras de distinto origen, "domus" hogar en latín, y automatique automático en francés, lo que desprende una traducción final definiendo al hogar automático o en otras palabras el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.; para adentrarnos en una definición menos abstracta podría plantearse, en primer lugar, la certeza de que cualquier ciudadano dispone en su hogar, oficina o lugar de desenvolvimiento de una serie de artefactos eléctricos o electrónicos que se operan independientemente formando un sistema entre sí.

En este sentido se considera como un sistema, a la instalación eléctrica que proporciona iluminación y energía en los tomacorrientes en cualquier tipo de edificación.

A partir de esa instalación eléctrica se conectan una serie de aparatos que cumplen determinadas funciones en el hogar o en la oficina, tales como PC's, teléfonos o central telefónica, centrales de alarmas y detectores pasivos, aire acondicionado, audio, televisión.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

En instalaciones más sofisticadas es posible encontrar también servomecanismos como portones automáticos, sistemas de riego, filtros de pileta, etc.

Todos estos sistemas funcionan en forma independiente uno del otro ejecutando su función específica. La domótica busca integrar todos estos sistemas en un sistema mayor, que los albergue y los comunique. Este sistema pasará a ser el sistema domótico.

El objetivo de esta integración es asegurarle al usuario del sistema domótico un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético aumentando notablemente la comunicación interna y externa del hogar.

Un ejemplo de ello podría presentarse a través del uso del teléfono, que permitirá además de cumplir su función básica, activar, desde su teclado, el sistema de riego o desactivar la alarma, a pesar de que el usuario se encuentre a kilómetros de distancia.

Por otro lado, mediante la PC es factible crear programaciones horarias de encendido y apagado de luces y equipos para generar un ahorro en el consumo de energía o crear una simulación de presencia cuando la casa quede a solas durante la jornada laboral o el período de vacaciones.

Por medio de internet, es posible tener un control total de las instalaciones y vigilar qué ocurre en el living del hogar mientras el dueño se encuentra en la oficina.

El sistema domótico cuenta además con diversos elementos de automatización como el control remoto universal con el cual, además de cambiar el canal de la televisión, permitirá vigilar la intensidad de las luces del dormitorio, o indicarle al aire acondicionado la temperatura deseada.

Entre otras, estas son solo algunas de las posibles utilidades que permite efectuar a partir de un sistema domótico.

Funcionalidad.-

todo sistema domótico requiere para su funcionamiento de dos componentes fundamentales.

El primero es una red de comunicaciones y diálogo que permita la interconexión eléctrica de cada uno de sus subsistemas, a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y basándose en esta información realizar determinadas acciones.

El segundo componente es un idioma de comunicación común que todos los subsistemas puedan interpretar.

En la actualidad existe una gran diversidad de sistemas domóticos en continua evolución y desarrollo tecnológico. De acuerdo a la configuración de su red y su lenguaje es posible identificar los tipos más relevantes hasta el momento.

a).-Sistema por corrientes portadoras.

b).-Sistema por controlador programable.

c).-Sistema por bus de datos.

a).-Sistema por corrientes portadoras.- El sistema de corrientes portadoras es el único que además de ser descentralizado es configurable no programable. Esto quiere decir que no es necesaria ninguna herramienta de programación para hacer funcionar correctamente una instalación realizada con elementos de este sistema.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Como red de comunicación entre elementos del sistema, el sistema por corrientes portadoras utiliza los conductores de cobre de la instalación eléctrica convencional.

Los elementos se comunican mediante una codificación de impulsos eléctricos, llamada telegrama. La instalación eléctrica de estos elementos es muy sencilla ya que solo necesita el agregado a la instalación eléctrica de pequeños mecanismos capaces de enviar y descifrar estos telegramas, y de actuadores que ejecuten las instrucciones en consecuencia. Es por esto que este sistema es ideal en instalaciones terminadas, donde no se necesita realizar obra.

La emisión de este telegrama se realiza en forma sincronizada con el paso por cero de la onda senoidal de la corriente alterna. Todos los receptores de la instalación escuchan el telegrama y solo reaccionan a los que va dirigido.

El lenguaje de comunicación más usado para corrientes portadoras es el X-10 desarrollado en la década del 70 en Escocia y es utilizado hoy en día por gran cantidad de fabricantes en todo el mundo.

En el año 2000 salió al mercado una versión mejorada de este lenguaje llamada A-10 (Advance X-10) que si bien es compatible con su predecesor, mejora aspectos técnicos y de operación.

b).-Sistema por controlador programable.- Los sistemas por controlador programable son sistemas centralizados, es decir que disponen de una única CPU. Estos sistemas requieren de una herramienta auxiliar para poder efectuar la programación que irá alojada en la memoria. Las entradas pueden ser mecanismos convencionales que funcionan sobre la apertura y cierre de un contacto eléctrico. La mayor dificultad de este sistema estriba en la gran cantidad de cables que hay que instalar (dos por cada punto de salida o entrada).

Además como la tensión de los hilos de entrada (24v) suele ser muy inferior a la de los conductores de salida (220v) se deben adoptar técnicas de canalización apropiadas, tomando precaución para no juntarlos.

c).-Sistema por bus de datos.- Es un sistema descentralizado que está orientado a la gestión de edificios de gran magnitud. Permite conectar 11520 elementos distintos y todos se pueden comunicar entre sí. Para su funcionamiento es necesario vincular todos los elementos del sistema mediante una manguera de dos hilos de 0.8 mm de sección y con protección para las inducciones magnéticas. La tensión de alimentación de este sistema de bus es de 29 vcc.

En el caso del sistema por bus de datos y dada la gran variedad de sistemas existentes, para poder elegir cual de ellos conviene instalar en el entorno a automatizar, es necesario realizar un análisis técnico y económico profundo, para evaluar con la ayuda de un profesional competente, la mejor de las alternativas. Ponderando los diversos factores sobre la utilidad que se requiere extraer del sistema y sobre el tipo de instalación que es necesario diseñar en el caso de un edificio a construir a nuevo, o las modificaciones físicas sobre la instalación existente en el hogar actual.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Perspectivas.-

el futuro encontrará ciudades modernas repletas de edificios inteligentes, casas automatizadas, redes virtuales. El hombre informatizado poseerá el control total de su espacio, optimizando sus tiempos y ganando en confort y seguridad.

El avance de la técnica continuará su camino vertiginoso en su afán por superarse día a día y la sociedad deberá adaptarse aun más a estas innovaciones tecnológicas intentando registrar toda la información que recibe.

En este contexto la ejecución de una edificación bajo un sistema domótico dejará de ser un elemento de elección individual y opcional para constituirse como parte esencial en la conformación de una nueva cultura de uso en el ámbito de la arquitectura y la construcción.

I.6.- Componentes para hacer una casa inteligente.

- DD-1002 Mando a distancia 8 en 1 RF/IR - X10
- DD-6006 Mando a distancia PC Multimedia con ratón
- DD-1003 Mando remoto mixto RF. Controlador de alarmas X10
- DD-1004 Mando remoto por radio frecuencia. 16 módulos - X10
- DD-1005 Mini mando llavero RF-X10
- DD-1008 Maxi controlador con cable. 16 módulos X10
- DD-1011 Programador Mini Timer - X10

Componentes para hacer tu casa inteligente.

Referencia	Artículo
------------	----------

DD-1002	Mando a distancia 8 en 1 RF/IR - X10
DD-6006	Mando a distancia PC Multimedia con ratón
DD-1003	Mando remoto mixto RF. Controlador de alarmas X10

Interruptores De Pared

DD-1006	Interruptor de pared sin cable 2 canales / RF - X10
DD-2006	Interruptor pared. Módulo aparato X10
DD-2007	Interruptor pared. Módulo lm para con variador X10
DD-2008	Interruptor pared. Módulo persianas X10

Modulos X-10

DD-2000	Módulo de lm para (Plug Suchko) - X10
DD-2002	Módulo de aparato on/off - X10
DD-2003	Módulo sensor Powerflash - X10
DD-2004	Módulo universal X10
DD-2021	Módulo Filtro Plug-in X10
DD-3008	Módulo Bidireccional

Acondicionamiento/Entorno

D-2014	Termostato Electrónico OTE - X10
DD-0080	Motor cortinas Venecianas/Stores
DD-0292	Software DataLogger Estaciones

Continua

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Seguridad Y Ayuda Personal

DD-4003	Detector de movimiento interno
DD-4004	Mini-detector MS13pr X10
DD-4010	Detector PowerGuard con llamada telefónica
DD-4011	Sensor Rotura de cristales - X10

Instalación Profesional

DD-2015	Interruptor Carril-din. Módulo aparato X10
DD-2016	Interruptor Carril-din. Módulo lampara X10
DD-2020	Filtro/acoplador fases Carril-din X10
DD-2022	Acoplador / Repetidor X10
DD-2023	Indicador de fuerza de señal X-10

Interfaces Y Software

DD-5001	Activehome Software + Interface PC - X10
DD-5006	Hal2000 TM - X10 (versión en inglés)
DD-0009	Extensión + cable/soft (MAC)
DD-0001	Sistema de creación de cat logos CD-R

Audio Y Video / Gadgets

DD-3003	Powermid XL control remoto por IR X10
DD-3005	Transmisor PowerMid Receptor PowerMid
DD-3009	Cable Extensor Control Remoto IR
DD-6007	Video Sender Plus con mando Domótico "NUEVO FORMATO"
DD-6008	XCAM -Pro
DD-6009	Video Sender GV30
DD-8008	DVD Anywhere CE

Continua

Adaptadores Y Controladores

DD-5003	Time Comander - JDS
DD-5004	Time Comander Plus - JDS
DD-5005	Stargate - JDS
DD-5009	Extensión Infrarrojos para Time Comander y Stergate

Varios

BOOK		Home Automation - book
VIDEO	Living with an intelligent home	

Tabla 1.1.- Componentes para hacer una casa inteligente

I.7.- El sistema HAL 2000.

Con HAL 2000 en un ordenador personal, las personas pueden acceder a su propio hogar del futuro. No hay ninguna duda que la tecnología continuará integrando nuestros estilos de vida modernos. En el pasado, electricidad, teléfono, televisión, radio y muchos otros artículos electrónicos encontraron su manera de entrar en nuestras casas y tuvieron un impacto dramático en la calidad de vida. En los primeros momentos de estas tecnologías, la mayoría de las personas creyó que estos productos sólo estaban creados para unos pocos privilegiados.

HAL2000 representa un verdadero avance tecnológico y lleva la informática en el hogar con paso de gigante, un poquito más lejos, su vocación actual es ser una herramienta para el entretenimiento y la productividad. Esto ofrece una plataforma que posibilita una verdadera integración electrónica en la casa, para beneficio de nuestra conveniencia personal.

Este producto de software asombroso le permite integrar una amplia gama de dispositivos eléctricos y electrónicos en la casa. Le permite programar estos dispositivos, fijar su funcionamiento, y dejar que ellos interactúen recíprocamente entre sí.

Por ejemplo.- usted se ha ido por la tarde y le gustaría simular una presencia para persuadir a visitantes no deseados y mantenerlos alejados de su residencia. Usted puede programar este sistema simplemente para encender luces, radios o cualquier otro aparato eléctrico mientras está lejos; puede tener un sensor inalámbrico de detección de movimiento y puede hacer que su PC de respuesta a ese movimiento detectado. Puede enviar un mensaje a un beeper o teléfono móvil, encender la televisión en un canal específico (su videoportero), hacer sonar una sirena, encender todas las luces en el jardín, y así sucesivamente.

Fax y mensajes electrónicos (e-mail) y puede notificarlos en su teléfono móvil, también transmite toda clase de información de la red Internet, el tiempo, la programación de televisión, noticias, etc. y puede advertirlo en su beeper si sus acciones en bolsa han adquirido un nivel prefijado.

Este sistema es verdaderamente excepcional e innovador. Por primera vez, la automatización de la casa (domótica) y la convergencia electrónica está disponible en plataforma Windows. Y excede con mucho la funcionalidad de otros sistemas tradicionales.

HAL2000 confía en la tecnología de reconocimiento de voz innovadora de Lernout & Hauspie. Uno puede usar micrófonos al aire libre, un teléfono inalámbrico, o incluso puede llamar desde cualquier parte del mundo para operar todos los dispositivos de su casa! No necesita entrenar el sistema o aprender órdenes complicadas. HAL2000 usa frases naturales, simplemente como «atenúa la luz del salón en un 65 por ciento», «pon el termostato a 21° grados», «todos los días de la semana a las 5 PM, encienda la luz de la entrada durante dos horas», o «hoy a las 8 PM, graba en vídeo tal programa en tal canal».

Requisitos para instalar HAL2000.-

en primer lugar, necesita un PC. Ya puede empezar con el que tiene. Sin embargo, encontrará que una vez empieza haciendo uso de los rasgos más avanzados de HAL2000 como el reconocimiento de voz, seguridad, el control térmico de su hogar, preferirá ejecutar HAL2000 en un PC dedicado (no querrá que los niños desordenen el sistema). Cualquier buen PC con un Pentium 120 de procesador, 32 MB RAM y 60 Mb de disco duro hará el trabajo.

Los diseñadores del software pensaron en alguna protección extra, así que, contra la piratería del software necesitará llamar a un centro de asistencia técnica HAL2000 para darle su código de acceso personal. En HAL2000, usted encontrará también un dispositivo Interface X-10 entre su PC y la línea de corriente y un módulo de lámpara X10. La interface de PC -> X10 se conecta entre el puerto serie de su ordenador y cualquier toma de corriente de pared. Este dispositivo transmite las señales X-10 desde su PC a la instalación eléctrica, y su "línea de corriente" cuida del resto enviando las instrucciones X-10 a los receptores de X10 (en principio el módulo de lámpara incluido). Necesitará conectar este módulo de lámpara en una toma de corriente de pared, y después conectará una lámpara (incandescente) al módulo.

¿Cómo trabaja el X10?.-

realmente es muy simple. Cada dispositivo posee su propia dirección única que usted define rodando los dos diales en el dispositivo. Hay 256 combinaciones, así que puede extender su instalación hasta 256 puntos de control X10. En HAL2000, encontrará los mismos diales que aparecen en los módulos X10, por lo que lo único que cambiará a la hora de su identificación será que aquí los diales los gira con el puntero del ratón. Lleva sólo un par de segundos hacerlo: Usted define un nombre para el dispositivo (usará este nombre al dirigir el sistema por voz), le pone el código correspondiente, prueba el dispositivo en tiempo real, y puede asignar el dispositivo a un grupo para que pueda operar un rango entero de dispositivos y luces incluso con una sola orden.

Ampliando su sistema.-

ya hemos visto como HAL2000 usa la tecnología X10 para controlar algo que es eléctrico en nuestra casa. Llévemolo un paso más allá. De hecho usted también puede controlar y puede automatizar cosas tales como termostatos, acondicionadores de aire, videos, instalaciones de alta fidelidad, etc...

Por supuesto, controlar estos dispositivos necesita algo más que HAL2000, un PC, y X10. Necesitará periféricos adicionales. Pero lo grande es que la mayoría de estos periféricos son Plug&Play, y no le costarán una fortuna.

Programa su video por voz.-

seamos honrados: muchas personas tienen problemas a la hora de programar su video. Los fabricantes de VCR siguen agregando rasgos para darles más valor a sus clientes. Pero, también se pone más difícil operar estas máquinas.

Con este software, programar su video es tan fácil como decirle «Graba esto». ¡Realmente, ésa es de hecho la única cosa que usted necesita decir! ; tome su teléfono, y diga algo como «viernes, a las 5 PM, graba el Canal 5 durante dos horas». Así, si usted está en la oficina y tiene la programación delante, puede llamar a casa simplemente y puede decirle a HAL2000 qué hacer. Por supuesto, usted todavía necesita poner un videocassette en el registrador, pero eso no es una sorpresa. (Sin embargo, en el futuro cercano, puede esperar que HAL2000 grabe su programa favorito en su disco duro o en un DVD reescribible).

Otra manera de programar su VCR es usando la propia información que HAL2000 es capaz de proveer. Si tiene una cuenta de Internet en su PC, usted puede hacer que HAL2000 recoja en intervalos definidos y desde Internet, información útil para su conveniencia personal: correo, noticias, datos de bolsa... y programaciones de televisión. Esto significa que puede preguntar a HAL2000 (simplemente) en cualquier momento: «Lo que hacen en Eurosport a las 6 PM», y el sistema le responderá dándole el nombre del programa que está previsto en ese horario. Usted responderá con «Graba este», y el sistema grabará la transmisión.

El equipo IRX10 es una tarjeta ISA que se instala en su PC, y tiene un receptor infrarrojo y dos emisores infrarrojos. El receptor es capaz de aprender las frecuencias usadas por su telemando de VCR, televisión, alta fidelidad... En HAL2000, hay una aplicación especial que habilita a HAL2000 para aprender las señales apropiadas que se corresponden a los varios órdenes posibles, como "Sube Volumen", "Graba", "Canal 1", etc. Una vez hecho esto, HAL2000 está listo para operar todo el equipo que usted ha configurado. Cada vez que usted da una instrucción a HAL2000, este enviará la señal apropiada a través de los emisores infrarrojos de IRX10.

Por supuesto, con este panorama, se requiere que su PC este instalado en el mismo cuarto que su equipo de A/V, ya que las señales infrarrojas necesitan ser visibles por parte de los receptores del equipo. Pero, hay algunos dispositivos, en el mercado que convierten esas señales infrarrojas en señales de radio frecuencia capaces de atravesar paredes, para después ser convertidas de nuevo en infrarrojas con lo que haremos posible poder tener los equipos no necesariamente en el mismo cuarto, y de esta manera solventar las limitaciones de las señales infrarrojas.

Comunicándose con su sistema HAL2000.-

usted ha visto como HAL2000 le permite que controle, programe y automatice varios dispositivos eléctricos y electrónicos en su casa, incluidas luces, aparatos, termostatos, equipo de A/V, seguridad... Usted también vio como HAL2000 es algo más que un sistema de automatización de su hogar: permite la verdadera convergencia de todos los dispositivos, incluido algo muy importante, la telefonía y a información que desea. Además, HAL2000 interactúa con Internet y le permite pedir boletines meteorológicos, lee las noticias, le dice lo que está previsto ver en su televisión y le advierte cuando sus acciones preferidas van más allá de los límites que usted ha definido.

Y esto es justo el principio. HAL2000 es un producto vivo y continuará evolucionando con nuevos rasgos que usted puede descargar (gratuitamente) desde varias páginas web. HAL2000 realmente es el sistema operativo de su hogar.

Ahora echemos una mirada a cómo usted interactúa con el sistema.

Una vez ha instalado HAL2000 en su PC, puede automatizar, controlar y fijar toda esta funcionalidad en sus pantallas. Aun cuando decida no usar la innovadora tecnología de reconocimiento de voz que incluye el sistema HAL2000, usted puede sacar un valor increíble del sistema a través de su interfaz de usuario gráfica, de muy fácil uso. Desde sus pantallas gráficas es posible comunicarse de una forma intuitiva y muy visual con su sistema. En este caso, su pantalla de PC actuará como una verdadera consola de control interactiva. Usted no necesita ser un programador, todo es simple "señale y pulse" El único momento en el que tiene que hacer uso de su teclado es cuando de nombre a sus dispositivos, o cuando teclee un texto que le gustaría que HAL2000 leyera en momentos predefinidos (tecnología de texto-a-voz).

Muchos fabricantes están trabajando actualmente en sistemas que le permiten este tipo de comunicación con su ordenador, desde donde quiera que usted este en la casa. Nuestra sugerencia es seguir al tanto de nuevos desarrollos en esta área. Realmente, esta es la grandeza de HAL2000, usted puede seguir ampliando su sistema con nueva funcionalidad y nuevos periféricos hasta ver cumplidas sus expectativas o justo hasta el punto donde le lleve su presupuesto.

Actualmente, la mejor manera y más fiable de comunicarse con su ordenador es usando un módem con soporte de voz. En primer lugar, usted necesita un módem si quiere aprovechar las funcionalidad de HAL2000 para transmitir información desde Internet, como boletines meteorológicos y noticias. Para este rasgo, su módem actual hará probablemente la labor. Sin embargo, si usted quiere interactuar con su sistema desde cualquier teléfono con su voz, necesita un módem con soporte de voz.

Hay dos cosas que hay que ver a la hora de asegurarse que el módem con soporte de voz es el adecuado para trabajar con HAL2000; asegúrese que tiene dos conectores RJ-11, uno de ellos lo usaremos para conectar el módem a su línea telefónica, y el otro para conectar un teléfono local. Si su casa dispone de instalación más compleja con supletorios, puede hacer uso de cualquier teléfono en la casa para hablar con el sistema. Sin embargo, usted encontrará que un teléfono inalámbrico es la manera más práctica de hacer esto: puede usarlo desde cualquier

punto de la casa. En este caso, conectará la base del inalámbrico al módem, y listo .

Pero, antes necesita asegurarse que su módem con soporte de voz cumple unos requisitos que desgraciadamente no todos los módems con soporte de voz ni todos los fabricantes cumplen, posiblemente porque en un pasado muy reciente no daba ningún valor añadido toda esta funcionalidad (p.ej. soporte DTMF). En su establecimiento o central de soporte tienen un pequeño Programa que evalúa si su módem es adecuado para sacarle el máximo partido a HAL2000. De todas maneras y si Ud. tiene que adquirir un nuevo módem pregunte en su establecimiento o centro de soporte por la lista de módems compatibles con HAL2000 .

I.8.- Protocolos.

Tecnologías en los Edificios Inteligentes

Una vez establecido el soporte físico y la velocidad de comunicación, un sistema domótico se caracteriza por el protocolo de comunicaciones que utiliza, que es el idioma que utilizan los diferentes elementos de control del sistema para comunicarse entre ellos. Dentro de la variedad de protocolos existentes se puede efectuar una clasificación primaria, atendiendo a su nivel de estandarización.

Protocolos estandar. Estos protocolos son los que son utilizados por diferentes empresas y que a la vez son compatibles entre ellos

Protocolos propietarios. Son aquellos que desarrollados por una empresa , sólo son capaces de comunicarse entre sí.

La protección, contra contingencias contra accidentes caseros hasta problemas en edificios de varios niveles de oficinas desde la intrusión, el robo, el plagio, el clima, el incendio, entre otros. En todos estos casos existe la potencialidad de que cualquier falla desencadene un incendio destructor. El prever y superar tales sucesos es parte del programa del Edificio Inteligente.

Manejo preventivo de contingencias, es primordial dotar desde el diseño arquitectónico de aquellos elementos necesarios para superar las fallas en el control de humo y aire caliente, (efecto de chimenea) tanto en cubos de escaleras y de elevadores, ductos de instalaciones, vestíbulos y pasillos largos y falsos plafones. Para todo ello es necesario la compartimentación vertical para ductos de instalaciones. Sellos en los pasos de tubería de ventilación en muros y losas. Así como también el control automatizado en puestas de compartimentación, ventilación y salidas de emergencia en las instalaciones y los ductos. Se debe dotar al edificio de sistemas de extracción de humos estableciendo una presión positiva en cubos de escaleras y de elevadores.

Diseño arquitectónico lógico, los edificios altos resuelven necesidades y problemas del programa arquitectónico, sin embargo crean nuevos problemas como su desalojo en un tiempo razonable, la falta de ventilación al no existir ventanas que puedan abrirse. Por lo que es lógico

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

plantear como parte de su programa la existencia de elevadores eficientes en cualquier contingencia, al igual de niveles de refugio a prueba de contingencias, rutas y datos de acceso para bomberos, giro de puertas en el sentido de salida, pasamanos en escaleras y rampas, una adecuada señalización en escaleras y puertas para salidas de emergencia.

Acabados y decoración, básicamente habría que considerar el control de los materiales combustibles, empleando retardantes en los acabados del edificio, y dejando claramente indicadas la localización de rampas y escaleras.

El principal problema de los detectores es la falsa alarma que se ha tratado de resolver en la combinación de los diversos tipos de sensores. Por otro lado existen los sistemas operados por detectores para compuertas de compartimentación, el control de la presión positiva en ductos de escaleras y elevadores, el control programado de sistemas de acondicionamiento de aire, la iniciación de las alarmas y el voice a la par de los sistemas de supresión de fuego por agua, espuma, polvo químico y gas. Dando a su vez aviso a la estación de bomberos.

Todo esto debe estar dentro del sistema central de control desde el cual se localiza el control de cada sensor, se revisa y reporta el estado de cada elemento, se establece el récord impreso de los sucesos diarios y se despliegan en pantalla los planos de instalación.

Tipos de protocolos.-

X10 y EHS se emplean fundamentalmente en viviendas construidas y se basan en la Tecnología de Portadoras. X10, de origen Escocés, es el sistema más extendido tanto en Europa como en Estados Unidos. EHS es un estándar europeo (European Home System). Mediante portadoras, la instalación es sencilla y basta con conectar los módulos a la red eléctrica, no siendo preciso ningún tipo de cableado especial. Los módulos se comunican a través de la instalación eléctrica del hogar, sin precisar ningún cableado adicional. La tecnología de portadoras ha sido desarrollada para ser flexible, se puede empezar con un producto en particular, por ejemplo un mando a distancia, y expandir luego el sistema para incluir la seguridad o el control con el ordenador, si así lo desea.

Al igual que EHS, LonWorks y EIB (marca registrada de EIBA, European Installation Bus Association) son sistemas con control distribuido e inteligente, los dos últimos se emplean fundamentalmente en viviendas de nueva construcción.

Aunque estas cuatro tecnologías no son compatibles entre sí, todo producto fabricado por cualquier fabricante debe cumplir rigurosos criterios que aseguren la compatibilidad con cualquier otro elemento de la misma tecnología.

Protocolo X10.- X10 es el lenguaje de comunicación que utilizan los productos compatibles X10 para hablarse entre ellos y que le permiten controlar las luces y los electrodomésticos de su hogar, aprovechando para ello la instalación eléctrica existente de 220V de su casa, y evitando tener que instalar cables.

Los productos de automatización del hogar X10 están diseñados para que puedan ser instalados fácilmente por cualquier persona sin necesidad de conocimientos especiales. Cada aparato tiene

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

una dirección a la que responde o envía, existiendo un total de 256 direcciones. Todos los productos X10 son compatibles entre sí por lo que se pueden combinar para formar el sistema mas adecuado a sus preferencias.

Existen distintos tipos de standards de sistemas inteligentes, entre los que encontramos: X-10
X-10 Inc: El padre de los protocolos, a través de líneas de corriente facilita el control de dispositivos domóticos sin instalación en cualquier casa.

C-Bus Clipsal: Fabricado y diseñado en Australia por Gerard Industry Pty Ltd. con CLIPSAL. Ofrece un completo control de iluminación y de todos los servicios eléctricos, audio y video. Utilizado en edificios, viviendas y edificaciones dde todo tipo.

InstabusEIB (European Installation Bus): Sensores y actuadores para construir sistemas que controlen HVAC (Acondicionamiento), seguridad física y personal y acceso. Programada su convergencia con EHS y BatiBus.

Lonworks Echelon Corp.: Redes de control comerciales y para el hogar. Una red LonWorks es un grupo de dispositivos trabajando juntos para sensorizar, monitorizar, comunicar, y de algunas maneras controlar. Es muy parecido a lo que puede ser una LAN de PC,s.

EHS (European Home System): Una colaboración entre industrias y gobiernos europeos sobre Domótica. Entre alguna de sus misiones la EHSA tiene el objetivo de la armonización y estandarización en Europa de un BUS común (EHS). Programado su convergencia con EIB y BatiBus.

BatiBUS Club International (BCI): Sensores de unión y actuadores para construir sistemas que controlen HVAC (Acondicionamiento), seguridad física y personal, acceso. Programada su convergencia con EIB y EHS..

I.8.1.- Tecnología X10.

X10 es un lenguaje de comunicación que permite a los productos compatibles dialogar a través de los cables de corriente de su hogar, ¿Cómo?, aparentemente sencillo, haciendo uso de la corriente alterna emitirá una serie de comandos sencillos a una frecuencia determinada.

Vayamos a un ejemplo sencillo:

1. Conecte un dispositivo X-10 para encendido de una lámpara en una toma de corriente.
2. Utiliza un pequeño destornillador para ajustar el código de dirección .
3. Conecte el sencillo modulo emisor X-10 en cualquier lugar de la casa, ya encendemos y apagamos una luz por X-10

La tecnología X-10 de corrientes portadoras fue desarrollada entre 1976 y 1978 por ingenieros en Pico Electronics Ltd, en Glenrothes, Escocia. Proviene de una familia de chips, que son los resultados de los proyectos X (la serie X). Esta empresa comenzó a desarrollar el proyecto con la idea de obtener un circuito que se pudiera implementar en un dispositivo para ser controlado remotamente. Conjuntamente con la empresa de sistemas de audio BSR, se comenzaron a fabricar con esta última marca.

Este fue el primer módulo que podía controlar cualquier dispositivo a través de la línea de corriente doméstica (120 ó 220 v. y 50 ó 60 hz), modulando impulsos de 120 khz (ausencia de este impulso=0, presencia de este impluso=1).

Hoy en día, X10 es un standard de domótica y a la vez un fabricante de estos mismos productos y productos compatibles con X10 (alarmas, televisores, contestadores, interfaces de PC, etc.).

A pesar de que sólo tiene seis funciones, ha cubierto un hueco muy importante en el mercado, se ha consolidado como una buena línea de productos, y lo mas importante a nuestro entender, ha abierto brecha en la forma de pensar y de crear un hogar.

El sistema X-10 ha sido desarrollado para ser flexible y fácil de usar. Se puede empezar con un producto en particular, por ejemplo un mando a distancia, y expandir luego el sistema para incluir la seguridad o el control con el ordenador, siempre que desee, con componentes fáciles de instalar y que no requieren cableados especiales.

El sistema X-10 proporciona a los usuarios las siguientes ventajas

- Conectar y Funcionar (Plug and Play).
- Facilidad de manejo.
- Confort y diversión.
- Flexibilidad, modularidad y capacidad de crecimiento.
- Rehabilitación de casas, optimizando los recursos con X-10.

I.8.2.-Tecnología C-Bus.

C-Bus es fabricado y diseñado en Australia por Gerard Industry Pty Ltd. con CLIPSAL. Ofrece un completo control de iluminación y de todos los servicios eléctricos, audio y video.

Controla cualquier tipo de carga eléctrica en forma digital (relays) o variable (analógicas), como el dimerizado de balastos electrónico para tubos fluorescentes.

Para asegurar rapidez y una confiable operación, cada unidad tiene su propio microprocesador que puede ser programado individualmente para integrarse con las otras unidades C-Bus, permitiéndole operar independientemente con inteligencia distribuida. Esta inteligencia distribuida permite una alta velocidad de comunicación y asegura que un incorrecto funcionamiento de una unidad no afecte a otra.

C-Bus es un sistema de comunicación de dos caminos, así que cada unidad puede comunicarse directamente con cualquier otra en la red, o mismo suministrar información sobre su propio estado. La comunicación en ambas direcciones, refiere a que la información es establecida entre unidades sin un punto central, esencia de la arquitectura de inteligencia distribuida. Esto también asegura que el sistema sea integrador y confiable.

La PC no es necesaria para un funcionamiento normal y el software puede correr en Windows, Mac OS, Unix y Linux. Esto provee una flexibilidad adicional para los edificios inteligentes y hogares que utilizan estos sistemas junto con otros programas de control del usuario.

El software de control y monitoreo abarca todo aspecto del sistema C-Bus, siendo un programa realmente fácil de manejar y con una interface basada en iconos. Esta interface gráfica puede ser personalizada por el programador en base a los requerimientos del usuario. Esto asegura que cada sistema C-Bus será diferente de otro. La capacidad de pantallas de control es indefinida, al igual que los botones e iconos. Los iconos también son personalizados por el usuario. También se pueden cargar planos de la edificación o cualquier gráfico que se desee.

La red (network) C-Bus.-

la red C-Bus se comunica con un cable par trenzado tipo UTP 5. A través de la red no sólo circula la información entre las unidades, sino que también la tensión de alimentación de 36Vcc necesaria para el funcionamiento de las mismas. Las fuentes aíslan a la red C-Bus del suministro de 220V.

La topología es de estructura libre. Unidades de entrada y salida son conectadas a cualquier punto de la red mediante el UTP5, el cual transporta todas las comunicaciones mediante las unidades. Las conexiones C-Bus serán hechas de unidad a unidad hasta la última de la línea correspondiente. Esta flexibilidad en la estructura de cableado, posibilita el agregado de nuevas unidades en cualquier momento sin tener que re-configurar el sistema. Los finales de línea no son necesarios con el sistema C-Bus, haciéndolo muy fácil de instalar y proyectar.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Las unidades pueden ser programadas antes de ser instaladas físicamente y cada unidad es programada para responder a ciertos comandos, cuyo número de comandos es casi ilimitado. Las unidades se dividen en tres clases: Unidades de entrada, salida y elementos de sistema.

Las unidades de salida pueden ser dimmers o relays. Están disponibles en formato de montaje en riel DIN, que permite la conmutación de altas cargas eléctricas ocupando un pequeño espacio físico y en formato Serie Profesional que está diseñada para ser montada en paneles y es usada para conmutar y dimmerizar cargas de alta potencia. Los dimmers de alta potencia incorporan algoritmos inteligentes para compensar automáticamente las fluctuaciones en la línea de tensión y frecuencia.

Las unidades de entrada pueden ser sensores de movimiento, temperatura, humedad, celdas de luz, interruptores, controles a distancia y entradas auxiliares de contacto seco, disponibles para montaje riel DIN y en panel.

Los elementos de sistema: Fuentes de alimentación (cada una puede alimentar hasta 17 unidades), interfaces a PC y puentes de red.

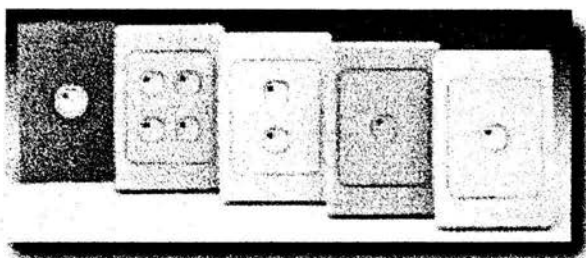


figura 1.1. - unidades de entrada

Otros elementos de sistema -

C-Master le permite comandar los escenarios de iluminación desde una habitación o área, haciéndolo ideal para propósitos múltiples como dormitorios, comedor, sala de video, etc. Las escenas son fáciles de alterar en cualquier momento. *C-Master* puede funcionar con un control remoto infrarrojo.

Minder es la central inteligente de C-Bus. No es necesaria para que el sistema funcione normalmente, pero permite programar una gran cantidad de escenarios y el monitoreo del C-Bus. Cuando la programación se torna muy compleja, la mejor opción es utilizar un *Minder*. También se pueden instalar varios *Minder* e interconectarlos, brindando ilimitadas posibilidades.

HomeMinder Keypad es un teclado alfanumérico que permite un completo control del sistema. Posee un display de cuarzo líquido donde se visualiza la información del sistema. Pueden instalarse varios keypads en el S.I. y en cualquier zona que se desee.



figura 1.2.- Home Minder Keypad

Touch Screen es una pantalla sensible al tacto y no sólo permite comandar el S.I. sino que también le da acceso a Internet y provee instantáneo acceso a las noticias, el clima, etc. Permite operar los reproductores de CD o DVD, etc. Los circuitos dimmerizados se regulan mediante comandos deslizante que aparecen en la pantalla.



figura 1.3.- Touch Screen

Acceso telefónico su celular o cualquier teléfono de línea, puede ser usado para acceder al S.I. Con una simple llamada a su casa o edificio y con un código especial una voz lo guiará dentro del menú de comando que será manejado con los botones del teléfono.

C-Bus 5 Star, es línea de C-Bus para los hoteles. Brindando las mejores soluciones.

Algunas ventajas.- el sistema permite un ilimitado numero de configuraciones de comando. Dos, tres, o de hecho cualquier numero de unidades puede controlar cualquier unida de salida C-Bus.

No hay necesidad de una conexión principal directa de voltaje entre las unidades de entrada y salida. Solo un cable C-Bus para unir las unidades. Cualquier entrada puede controlar a cualquier salida y pueden ser re-direccionadas en cualquier momento.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Los escenarios pueden ser re-programados en cualquier momento.

C-Bus puede ser integrado de manera completa mediante interfaces a cualquier central administradora de la edificación, iluminación de emergencia o cualquier otro sistema.

Una PC no es requisito para un normal funcionamiento del C-Bus, pero puede ser usada para agregar prestaciones como monitoreo y un control central.

El software del usuario es totalmente flexible y fácil de ser manejado, realizado para ser personalizado por cada usuario y hacerlo distinto de los demás. También soporta conexiones del tipo TCP/IP, lo que significa que el C-Bus puede ser controlado a través de local Intranet o Internet. Cualquier dispositivo que no sea de C-Bus puede ser incorporado al sistema mediante una interface.

Porque usar C-Bus.- C-Bus es un sistema comprobado en proyectos de toda Europa, incluyendo Australia, Malasia, Japón, Reino Unido, Sur de África y China.

El protocolo de C-Bus se basa en la internacional ISO, modelo 7 layer comunicación, asegurando que la comunicación C-Bus sea extremadamente robusta y confiable.

El C-Bus ha sido diseñado para satisfacer a los standards de seguridad eléctrica electrical y EMC acuerdos.

C-Bus es simple de incorporar en el diseño de proyectos. Conmutadores y controladores de circuitos no necesitan estar definidos completamente a la hora diseñar y los cambios pueden ser hechos con posterioridad, sin alterar los esquemas, mediante la programación.

C-Bus puede controlar todo tipo de carga sea digital o analógica.

Una sola conexión del cable C-Bus puede controlar un ilimitado numero de dispositivos. Por ejemplo, el tablero principal en una edificación típica podría contener 200 interruptores y 100 dimmers (o más todavía), ahora solo un cable par trenzado C-Bus podría ser cableado al tablero principal ahorrando todo el cableado convencional.

En los conmutadores y controladores, sus funciones pueden ser cambiadas, redireccionadas, removidos, desplazados o re-programados en cualquier momento o a cualquier posición sin ninguna dificultad de cableado.

Unidades adicionales pueden ser agregadas en cualquier momento y el único requerimiento sería conectarlas al suministro eléctrico y a la red C-Bus.

C-Bus es simple de instalar y comandar.

C-Bus no requiere de una central inteligente. Una PC podría ser agregada para monitorear y demás funciones, si es requerido.

Por todo lo expuesto y más, C-Bus provee ventajas considerables en costo y flexibilidad sobre otros sistemas.

I.8.3.-Tecnología Instabus.

Las ideas iniciales de Instabus nacieron en el año 1984, pudiendo utilizar este logotipo las empresas que participaron en su desarrollo estándar.

En 1987 cinco empresas del sector eléctrico alemán crearon de forma conjunta un sistema llamado Instabus para la gestión técnica de edificios. El sistema Instabus evolucionó hasta convertirse en el actual Bus Europeo de Instalación (EIB) creándose en 1.990 la asociación EIBA, con sede en Bruselas y cuyo objetivo es la homologación y difusión del sistema EIB en Europa.

La Asociación del Bus de Instalación Europeo (EIBA), que la componen más de 110 fabricantes de aparellaje y mecanismos, con sede central en Bruselas, regula y define la normativa de funcionamiento y compatibilidad de sistemas como el descrito. Esto quiere decir para el usuario, que una vez adoptado el sistema, podrá ampliar o modificar su instalación con equipos de cualquiera de los diferentes fabricantes homologados. Inicialmente, la disponibilidad de equipos EIB era reducido, pero en la actualidad ya están disponibles más de 4.000 productos distintos, que incluyen elementos para controlar la iluminación, ventanas, climatización, calefacción, seguridad, programaciones horarias, electrodomésticos, etc.

Campo de aplicación.-

el campo de aplicación del Instabus EIB se extiende a cualquier tipo y tamaño de edificio, desde un gran edificio administrativo hasta el sector de la vivienda, pasando por centros de producción, etc. Debido a su configuración modular y descentralizada de elementos individuales inteligentes conectados entre sí, puede adaptarse a cualquier tipo de edificación, bien sea de nueva construcción o remodelaciones.

El Bus de Instalación Europeo (EIB) es apropiado para:

viviendas, edificios, oficinas, hoteles, escuelas, polideportivos, grandes superficies, ayuntamientos

Efectúa la comunicación directa, gobierna todas las funciones a través de la única línea de Bus existente, es decir sin precisar de una central, como por ejemplo:

- Regulación de la iluminación.
- Control de subida y bajada de persianas.
- Regulación de la calefacción. Ventilación y climatización.
- Gestión de cargas eléctricas.
- Seguridad, vigilancia y avisos.
- Interfaces para sistemas de servicios y sistemas de control de edificios.

El bus de instalación EIB utiliza un solo cable para la comunicación entre elementos. Todo el sistema es capaz de intercambiar datos e información a través de un único par de cables.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

El cableado de fuerza (220v) se limita a los elementos encargados de ejecutar órdenes, es decir, los actuadores.

La normativa EIB garantiza el 100% de compatibilidad con futuros productos, para posteriores ampliaciones. No hay que olvidar que este sistema es el elegido por las principales empresas de Europa. También queda garantizada la conexión a otros sistemas.

En la actualidad más de 130 empresas fabricantes asociadas a EIBA garantizan la compatibilidad de elementos Instabus EIB.

Características generales.- el Instabus EIB consiste en una línea de dos hilos a los que se conectan una serie de aparatos llamados elementos de bus que utilizan una tensión de seguridad. La alimentación es de 24 V (+6V/-4). Con una tensión inferior a 20 V se desconectan los elementos del bus. La velocidad de transmisión de los datos es de 9,6 kBit/s, con lo que no se requiere resistencia de terminación en el bus.

Los elementos de bus se dividen en tres categorías: sensores, actuadores y componentes del sistema.

Los sensores registran las informaciones y sucesos del entorno y las envían por el bus en forma de telegramas de datos. Son sensores, por ejemplo, pulsadores, detectores de movimiento, receptores IR o entradas binarias, etc. Los detectores de movimiento pueden tener una visión de 180 o 360 grados. El alcance ronda entre los 8 y 10 metros. De 5 a 1000 lux.

Los actuadores reciben estos telegramas y los convierten en maniobras, por ej, de conmutación (relays) o regulación.

Los elementos y componentes del sistema son necesarios para el funcionamiento de la instalación. Consisten en elementos modulares para la alimentación del bus, acopladores de línea o área para conectar los distintos niveles del bus y una interface para conectar los sistemas de programación o de monitorización (conexión de un PC al bus).

Los dispositivos se fabrican para ser colocados sobre riel DIN standard de 35x7.5, para montaje superficial y para embutir.

El DIN tiene las pistas del bus incorporadas, por lo tanto no hay que cablear desde un dispositivo hasta el bus, ya que este tiene en la parte trasera dos placas que al colocarlo sobre el riel hacen contacto con el bus. La parte que pueda quedar libre del riel DIN se puede cubrir con unas tapas.

En las cajas de 10x5 se pueden colocar teclas convencionales y una interface para Instabus. De esta manera no se limita la línea de llaves y tomas que se pueden instalar.

El Instabus EIB tiene un acoplador con distintos tipos de llaves en formato octogonal. Se cuenta con displays con capacidad de hasta 8 mensajes y dos simultáneos. Sus dimensiones son reducidas y pueden ser colocados tantos como se quiera. Su formato es para embutir o

montaje superficial. Por ejemplo, pueden comunicar la temperatura ambiente o el estado de cualquier otro sensor.

Como el sistema no requiere una central inteligente, la PC puede usarse solo para programar el sistema y retirarla, o puede dejarse conectada al sistema para obtener un constante monitoreo del sistema y sirve como interface entre el usuario y el Instabus EIB.

Características de Instalación.-

como el sistema trabaja de forma descentralizada, puede tener estructura lineal, estrellada o ramificada. La estructura del cableado del bus dentro de una misma línea, puede ser en línea, en estrella o en árbol. También puede ser una combinación de estas.

El cable instabus es de "tipo" telefónico (twisted pair) y cada conductor es un alambre, que facilita la rápida conexión del mismo con los dispositivos de campo, sin necesidad de elementos adicionales (terminales, estañado de extremos de los mismos, etc.). Posee cuatro cables de los que se usan dos para el bus y quedan reservados dos para un futuro uso en productos con alimentación y/o para audio.

Cada dispositivo tiene distintos softwares para ser programado. Estos softwares son entregados por la empresa o bajados desde Internet y en los dos casos son gratuitos. Esto reduce la programación de los mismos.

Entonces para cada tipo de acción que se requiera, existirá un software.

La distancia máxima entre dos dispositivos es de 700m. El largo total de cable instabus es de máximo 1000m. En cada área, con un acoplador, se pueden conectar 12 líneas de bus con 64 dispositivos por cada una, pero pudiéndose direccionar hasta 256 por línea.

El máximo de áreas es de 15 utilizando acopladores, lo que da un máxima aprox. de 12.000 dispositivos.

A través de la línea de dos hilos, llamada bus, se transmiten las informaciones que los elementos envían y reciben. El bus llega a cada elemento de bus. Los sensores normalmente necesitan sólo la conexión al bus. Los actuadores (por ej: relays) normalmente requieren conexión a la red de alimentación de 220 V para gestionar la carga. La tensión de red y del bus están separadas.

Esquema básico.-

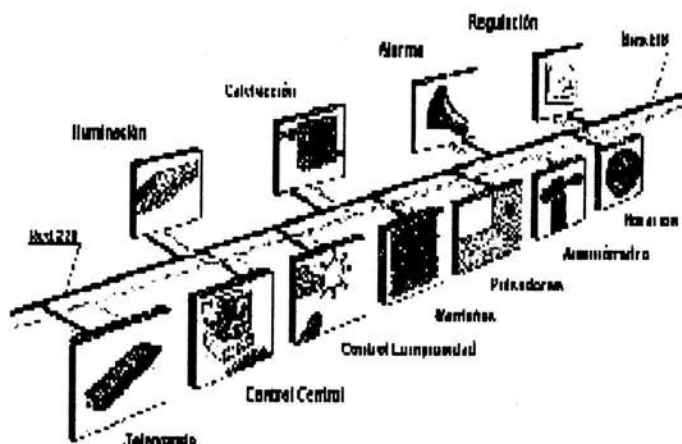


figura 1.4.- esquema del Instabus

Existen dos formas de cableado para los actuadores del Instabus:
 actuadores centralizados, instalados en el tablero seccional: las conexiones son hechas en el tablero seccional. Instalación sencilla y rápida. Apto para el proyecto de instalación inicial.
 Actuadores descentralizados instalados en una caja de paso, en la carga misma, o en el cielo raso/piso técnico: Actuador ubicado cerca de la carga. Instalación sencilla y rápida. Apto para la instalación inicial y para una fácil expansión o reforma.

Características de control: permite el control de todo tipo de servicio, pues posee actuadores y módulos de salidas adecuados a cada tipo de carga. Con Instabus es posible comandar motores, válvulas, cortinas, circuitos de iluminación, en forma directa sin ningún elemento auxiliar como relés o contactores, esto significa un ahorro importante en el costo de instalación. El sistema permite la programación de políticas de consumo, transferencias red-grupo, conmutación automática de fases, entre otros. También es posible la programación del estado de salidas ante la falta de tensión como así también la secuencia de activación con la reposición de la tensión.

Visualización en pantalla: se puede pasar de una vista general a un piso o habitación específica haciendo un doble click en un plano o gráfico. La cantidad de habitaciones o pisos es indefinida.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Por ejemplo para medir la temperatura aparece un reloj con aguja o en forma de barra vertical. Tiene un histórico que puede ser impreso. Se pueden crear bases de datos del Histórico para ser leídas, por ejemplo, con el Microsoft Excel.

El programa también realiza gráficos estadísticos con la base de datos. Puede personalizarse todo lo que se visualiza en pantalla. Para las distintas aplicaciones existen funciones suplementarias del programa. Cada empresa desarrolla su propio programa de visualización.

La recopilación de datos del sistema se muestra en la tabla 1.2

Medio de comunicación:	Conductor de dos hilos (par trenzado)
Funciones:	Interrupción, conmutación, regulación, indicación, mediciones, registro, observación
Número de direccionamientos de elementos por línea:	256
Número de elementos conectables a una línea que son alimentados por el bus:	64 por fuente de alimentación
Número de líneas por área:	12 + 1 línea principal
Número de áreas:	15 máx.
Conductor de bus	Conductor telefónico para larga distancia, I-Y(ST)Y 2 x 2 x 0,8 , y conductor MSR, YCYM 2 x 2 x 0,8 respectivamente. Tiene un par de hilos para la transmisión de la señal y alimentación. El otro par de hilos es de reserva.
Longitud de cableado por línea:	1.000 m máx.
Distancia entre un elemento y la fuente de alimentación:	350 m máx.
Distancia entre elementos:	700 m máx.
Topología del cableado:	Estructura en línea, estrella, o árbol, o mezcla de ellas
Direccionamiento:	Aparato único o grupo
Gestión del bus:	Funcionamiento multi-maestro, es decir, cada elemento tiene los mismos derechos, sin central. Procedimiento de acceso descentralizado, CSMA/CA (detección-corrección de colisiones sin pérdida del telegrama).

Continua

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Técnica de transmisión:	Mediante telegrama serie, con banda base, con 2 conductores, transmisión simétrica.
Velocidad de la transmisión:	9,6 kbits/s
Tensión de la alimentación:	24 V (+6/-4 V) cortocircuitable, tensión de seguridad (muy baja tensión), con búffer de 100 ms.
Temperatura del entorno:	-5 °C hasta + 55 °C
Humedad relativa:	95 % máx. (sin rocío)
Tipo de protección:	IP20
Seguridad ante interferencias:	conforme a las Normas y directivas IEC y VDE

tabla 1.2.- Características del Instabus

I.8.4.- Sistema LonWorks.

Es un sistema distribuido que utiliza par trenzado, escasamente enfocado a vivienda y orientado para aplicaciones industriales o de tamaño desmesurado. Por ejemplo instalaciones de inmotica.

Echelon presentó la tecnología LonWorks en el año 1992, desde entonces multitud de empresas viene usando esta tecnología para implementar redes de control distribuidas y automatización. Aunque está diseñada para cubrir los requisitos de la mayoría de las aplicaciones de control, sólo ha tenido éxito de implantación en edificios de oficinas, hoteles o industrias. Pero, debido a su coste, los dispositivos Lonworks no han tenido una implantación masiva en los hogares, sobretodo porque existían otras tecnologías de prestaciones similares mucho más baratas.

El éxito que ha tenido en instalaciones profesionales, en las que importa mucho más la fiabilidad y robustez que el precio, se debe a que desde su origen ofrece una solución con arquitectura descentralizada, extremo-a-extremo, que permite distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en la vivienda y que cubre desde el nivel físico al nivel de aplicación de la mayoría de los proyectos de redes de control.

Según Echelon, su arquitectura es un sistema abierto a cualquier fabricante que quiera usar esta tecnología sin depender de sistemas propietarios, que permite reducir los costes y aumentar la flexibilidad de la aplicación de control distribuida. Aunque Echelon usa el concepto de sistema abierto, como veremos posteriormente, realmente no es una tecnología que pueda implementarse si no es con un circuito integrado registrado por Echelon.

Conceptos básicos:

cualquier dispositivo Lonworks, o nodo, está basado en un microcontrolador especial llamado Neuron Chip. Tanto este circuito integrado como el firmware que implementa el protocolo LonTalk fueron desarrollados por Echelon en el año 1990.

Del Neuron Chip podemos destacar:

tiene un identificador único, que permite direccionar cualquier nodo de forma unívoca dentro de una red de control. Este identificador, con 48 bits de ancho, se graba en la memoria EEPROM durante la fabricación del circuito.

Tiene un modelo de comunicaciones que es independiente del medio físico sobre el que funciona, esto es, los datos pueden transmitirse sobre cables de par trenzado, ondas portadoras, fibra óptica, radiofrecuencia y cable coaxial, entre otros.

El firmware que implementa el protocolo LonTalk, proporciona servicios de transporte y routing extremo-a-extremo. Está incluido un sistema operativo que ejecuta y planifica la aplicación distribuida y que maneja las estructuras de datos que se intercambian los nodos.

Estos circuitos se comunican entre sí enviándose telegramas que contienen la dirección de destino, información para el routing, datos de control así como los datos de la aplicación del usuario y un checksum como código detector de errores. Todos los intercambios de datos se inician en un Neuron Chip y se supervisan en el resto de los circuitos de la red.

Los datos pueden tener dos formatos, desde un mensaje explícito o una variable de red. Los mensajes explícitos son la forma más sencilla de intercambiar datos entre dos aplicaciones residentes en dos Neuron Chips del mismo segmento. Por el contrario, las variables de red proporcionan un modelo estructurado para el intercambio automático de datos distribuidos en un segmento. Aunque son menos flexibles que los mensajes explícitos, las variables de red evitan que el programador de la aplicación distribuida esté pendiente de los detalles de las comunicaciones.

Hoy existen cuatro importantes fabricantes de los microchips LonWorks: Toshiba, Motorola, Cisco y Cypress, y más de 2.000 fabricantes e integradores de nodos LonWorks, tales como Schneider Automation, Philips, Mitsubishi, Honeywell, ABB, etc.

El diseño del Neuron Chip permanece secreto y supuestamente, ningún otro fabricante, puede fabricar dicho producto. Por estos motivos, al no existir competencia real y estar la producción controlada por Echelon, los precios no se han reducido tanto como para permitir que los nodos Lonworks puedan tener un precio realmente competitivo en aplicaciones residenciales. Por lo tanto, aunque Echelon se empeñe en decir que es una sistema abierto, la realidad viene demostrando que no es cierto.

Medio físico. -

el Neuron Chip proporciona un puerto específico de cinco pines que puede ser configurado para actuar como interface de diversos transceivers de línea y funcionar a diferentes velocidades binarias. Lonworks puede funcionar sobre RS-485 opto-aislado, acoplado a un cable coaxial o de pares trenzados con un transformador, sobre corrientes portadoras, fibra óptica e incluso radio. El transceiver es el encargado de adaptar las señales del Neuron Chip a los niveles que necesita cada medio físico.

TEMA II

“GENERALIDADES DE LOS TRANSDUCTORES”

TEMA II.- GENERALIDADES DE LOS TRANSDUCTORES

II.1.-Características de los transductores.

Dispositivos de detección y transductores: la medición de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas y químicas se realiza empleando dispositivos denominados sensores y transductores. El sensor es sensible a los cambios de la magnitud a medir, como una temperatura, una posición o una concentración química. El transductor convierte estas mediciones en señales eléctricas, que pueden alimentar a instrumentos de lectura, registro o control de las magnitudes medidas. Los sensores y transductores pueden funcionar en ubicaciones alejadas del observador, así como en entornos inadecuados o impracticables para los seres humanos.

Algunos dispositivos actúan de forma simultánea como sensor y transductor. Un termopar consta de dos uniones de diferentes metales que generan una pequeña tensión que depende del diferencial térmico entre las uniones. El termistor es un reóstato especial, cuya resistencia varía según la temperatura. Un reóstato variable puede convertir el movimiento mecánico en señal eléctrica. Para medir distancias se emplean condensadores de diseño especial, y para detectar la luz se utilizan fotocélulas. Para medir velocidades, aceleración o flujos de líquidos se recurre a otro tipo de dispositivos. En la mayoría de los casos, la señal eléctrica es débil y debe ser amplificada por un circuito electrónico.

Muchos dispositivos sensores y diversos elementos de los dispositivos de análisis, son realmente transductores. Un transductor es, simplemente un dispositivo que proporciona una salida utilizable en respuesta a una magnitud física, propiedad o condición específica que se desea medir, pero los transductores han sido, son y probablemente siempre serán denominados por diferentes nombres en diferentes disciplinas técnicas.

En los procesos industriales son denominados usualmente transmisores (por ejemplo transmisor de presión, transmisor de temperatura).

En algunos casos se denominan sensores (sensores de presión, sensores de fuerza, sensores de temperatura). En algunos campos, sobre todo en el área de los dispositivos electroópticos se denominan detectores, y sería difícil convencer a los usuarios de esa área de red denominar a un detector de IR como un transductor de intensidad luminosa infrarroja. En algún momento la palabra célula se hizo popular para ciertos transductores; el término célula de carga, que significa transductor de fuerza, es aún muy popular. Muchos de nosotros pensamos en una galga como un indicador de tipo de disco graduado; sin embargo, muchos transductores son denominados galgas.

Algunos transductores, particularmente cuando son de tamaño pequeño, ocasionalmente todavía son denominados captadores (por ejemplo, captadores de vibraciones).

Los transductores que tienen configuraciones capaces de ser inmersas en un fluido son denominados frecuentemente sondas (por ejemplo, un transductor de temperatura del tipo sonda se denomina frecuentemente sonda de temperatura).

Aún se utilizan muchas indicaciones de transductores utilizando la terminación metro: por ejemplo, acelerómetro por transductor de aceleración, caudalímetro por transductor de caudal, tacómetro por transductor de velocidad angular.

Durante el periodo de expansión de las prácticas aeroespaciales de los años sesenta un gran número de nuevos tipos de transductores fueron diseñados, especificados, fabricados y utilizados. La situación de nomenclatura caótica realizó daños, especialmente a los usuarios. La sociedad (ISA) Instrument Society of América realizó un esfuerzo orientado a producir un estándar utilizable para la nomenclatura y terminología de los transductores, inicialmente para beneficiar principalmente a la industria aeroespacial, posteriormente para facilitar las comunicaciones relativas a los transductores en todas las industrias y ciencias.

Existen diferentes portadores de información basados en distintos principios físicos y químicos. Así entre los principios y parámetros involucrados cabe mencionar:

- Mecánica: posición, velocidad, tamaño, fuerza, etc
- Termotecnia: temperatura, calor, entropía, etc
- Electricidad: voltaje, intensidad, resistencia, capacidad, etc
- Magnetismo: intensidad de campo, densidad de flujo, permeabilidad, etc
- Química: concentración de un material, estructura cristalina, etc...
- Radiación: (ondas electromagnéticas)

Con respecto al procesamiento y transmisión de la información, pueden emplearse también distintas tecnologías con limitaciones físicas diferentes:

- Hidráulica mediante el empleo de componentes fluidicos. En este caso, existe el límite de la velocidad del sonido en un fluido.
- Eléctrica y electrónica. - en la actualidad se emplean circuitos electrónicos.
- Radiante empleando componentes ópticos.

En la actualidad, se emplea casi con exclusividad el procesamiento electrónico. Para su empleo es necesario traducir las magnitudes a señales eléctricas. Nótese que los sensores realizan frecuentemente transformaciones de energía.

II.1.1.-Principio de operación.

Debido a la gran variedad de componentes transductores es imposible dar un principio de operación general, por lo que se hará para cada tipo en forma individual:

A).-Los elementos de transducción capacitiva.-

Convierten un cambio de la magnitud a medir en un cambio de capacidad (figura 2.1). Dado que un condensador consiste básicamente de dos electrodos separados por un dieléctrico, el cambio de su capacidad se puede ocasionar por el movimiento de uno de los electrodos; acercándose o alejándose del otro electrodo o mediante el cambio en el dieléctrico que se usa entre los dos electrodos.

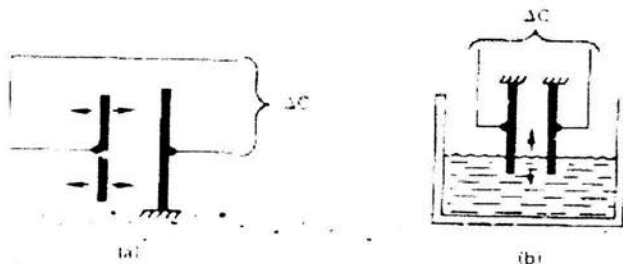


figura 2.1.- operación en los transductores capacitivos

B).-Los elementos de transducción inductiva.-

Convierten un cambio de la magnitud a medir en un cambio de la autoinductancia del devanado. Los cambios de inductancia pueden efectuarse mediante el movimiento de un núcleo ferromagnético interior al devanado o mediante cambios de flujo introducidos externamente en el devanado manteniendo el núcleo fijo. (Figura 2.2)

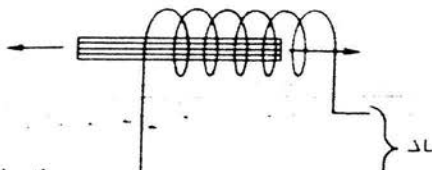


figura 2.2.- operación en los transductores inductivos

C).-Los elementos de transducción reluctiva.-

Convierten un cambio de la magnitud en un cambio de tensión c.a. debido al cambio en la reluctancia del camino magnético entre dos o más devanados(o porciones separadas de uno o más devanados), con una excitación c.a. aplicada al sistema de devanados. Esta categoría incluye los elementos de reluctancia variable, transformador diferencial y puente de inductancias. El cambio en la reluctancia del camino magnético se realiza, usualmente mediante el movimiento de un núcleo magnético interior al sistema de devanado. (figura 2.3)

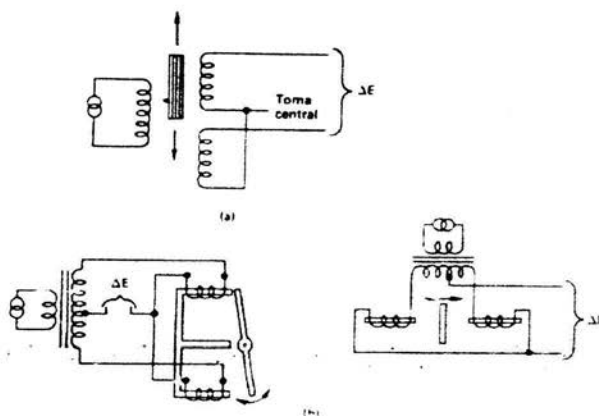


figura 2.3.- operación de los transductores reluctivos

D).-Los elementos de transducción electromagnética.-

Convierten un cambio de la magnitud a medir en una fuerza electromotriz (tensión de salida) inducida en un conductor debido a un cambio en el flujo magnético en ausencia de excitación. El cambio en el flujo magnético se realiza usualmente en un movimiento relativo entre un electromagneto y un imán o una porción de material magnético.

E).- Los elementos de transducción piezoeléctrica.-

Convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la carga electrostática(Q) o tensión (E) generada por ciertos materiales cuando se encuentran sometidos a un esfuerzo mecánico. El esfuerzo se desarrolla mecánicamente, mediante fuerzas de tensión o compresión, o por fuerzas de cortadura ejercidas directamente sobre el material (el cristal) por un elemento sensor o por un elemento de enlace mecánico ligado al elemento sensor.

F).- Los elementos de transducción resistiva.-

Convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la resistencia. Los cambios de resistencia pueden realizarse en los conductores así como en los semiconductores por diversos medios como calentamiento o enfriamiento, aplicación de esfuerzos mecánicos

(para utilizar el efecto piezorresistivo), por humidificación o deshumidificación de ciertas sales electrolíticas o por movimiento en el brazo de la escobilla de un reostato.

G).- Los elementos de transducción potenciométrica.-

Convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la relación de tensiones, mediante un cambio en la posición de un contacto móvil(escobilla) sobre un elemento resistivo en cuyos bordes se ha aplicado una excitación. La relación dada por la posición de la escobilla es básicamente una relación de resistencias.

H).- Los elementos de transducción por galgas extensométricas.-

Convierten un cambio de la magnitud a medir en un cambio de resistencia debido a una deformación, en dos o cuatro brazos en un puente de Wheatstone. Este principio de transducción es una versión especial de transducción resistiva; sin embargo, se compone de dos o cuatro transductores de esfuerzo resistivos(galgas extensométricas) conectados a un circuito en un puente de Wheatstone al que se le aplica una tensión de excitación,de manera que la salida es un cambio de tensión.

Las flechas dirigidas hacia arriba en la ilustración indican aumentos de resistencia y las flechas dirigidas hacia abajo indican disminución de resistencias en los brazos del puente cuando se está afectando simultáneamente(en un puente de cuatro elementos activos) a las sondas en un cambio de la magnitud a medir debido a la colocación y conexión de los elementos resistivos individuales; en el ejemplo ilustrado las direcciones indicadas de variación de resistencias ocurren cuando el enlace sensor se mueve hacia la izquierda.

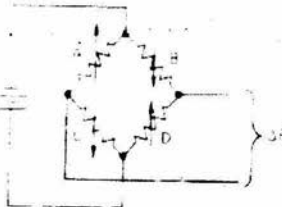
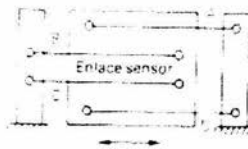


figura 2.4.- operación de los transductores por galgas extensométricas.

I).- Los elementos de transducción fotoconductora.-

Convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio de la resistencia (o conductancia) de un material semiconductor debido a un cambio en la cantidad de iluminación incidente sobre el material.

J).- Los elementos de transducción fotovoltaica.-

Convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la tensión generada cuando la iluminación incidente sobre una unión entre ciertos materiales distintos cambia.

K).- Los elementos de transducción termoelectrica.-

Convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la fuerza electromotriz (fem) generada por la diferencia de temperaturas existentes entre las uniones de dos materiales distintos. El elemento termoelectrico básico mostrado en la figura 2.5 puede ir a las terminales de salida (en las que permanece una temperatura T_2) de un voltímetro.



figura 2.5.- operación de los transductores termoelectricos.

L).- Los elementos de transducción por ionización.-

Convierten un cambio en la magnitud a medir en un cambio en la corriente de ionización, ejercida sobre un gas entre dos electrodos.

II.1.2.-Características de la magnitud a medir.

Un transductor se diseña usualmente para medir una magnitud específica y responder únicamente a esta magnitud :por ejemplo, un transductor de presión proporciona una salida indicativa de la presión. Otras magnitudes, en algunos casos pueden ser calculadas por la relación existente con otras magnitudes medidas por transductores: por ejemplo, la velocidad se puede calcular a partir de medidas de desplazamiento v tiempo.

Determinadas medidas pueden precisar de señales de salida de uno o más transductores: por ejemplo, el desgaste de un cojinete se puede obtener a partir de las salidas de los transductores de aceleración, la densidad de humos de salidas de sensores luminosos y la potencia eléctrica de las salidas de los sensores de corriente y sensores de tensión. Sin embargo, cada transductor es específico por la magnitud que mide y por el rango de medición que puede efectuar.

El rango de un transductor se especifica como los límites superior e inferior de los valores de la magnitud a medir .

El sobrerango (denominado a veces sobrecarga o medida máxima) es la magnitud máxima de la medida con que se puede aplicar el transductor y ocasionarle un cambio de operación dentro de tolerancias especificadas por el fabricante. Normalmente se especifica un determinado tiempo de recuperación, después de abandonar el estado de sobrerango, necesario para que el transductor vuelva a la normalidad.

II.1.3.-Características eléctricas para su diseño.

Las características eléctricas de diseño se especifican por la magnitud de su salida y por los límites de ésta.

A).-La salida es la magnitud eléctrica producida por el transductor y es una función de la magnitud aplicada en su entrada. La salida es usualmente una función continua de la magnitud a medir (salida analógica) en forma de una amplitud de tensión, una relación de tensiones, corriente o a veces como cambio de capacidad, inductancia y otros. La frecuencia de salida, cuando el número de ciclos o los pulsos por segundo son función de la magnitud a medir y las salidas moduladas en frecuencia, con desviaciones de frecuencia a partir de una frecuencia central (por ejemplo « 3000 ± 200 Hz») también son formas de salida analógica. Las salidas digitales representan a la magnitud a medir en una forma de magnitudes discretas codificadas en determinado sistema de numeración (por ejemplo, código binario). Cuando la salida representa la magnitud a medir en forma de un valor cuantificado o discreto no codificado en ningún sistema de numeración, se denomina una salida de incremento discreto: una salida de este tipo la encontramos en un transductor del tipo interruptor.

B).-Los puntos extremos son los valores de salida en los límites superior e inferior del rango de un transductor. Las lecturas de los puntos extremos determinan mediante dos o más ciclos de calibración consecutivos. Cuando se especifican los puntos extremos, se les aplica usualmente una tolerancia (por ejemplo. « $0,00 \pm 0,02$ y $10,00 \pm 0.01$ V c.c.»). No se aplican tolerancias a los puntos extremos teóricos, puntos entre los que se establece la curva teórica.

Los puntos extremos teóricos no se establecen necesariamente para 0 % de la medida, 0 % de salida (punto extremo inferior) y 100 % de la medida, 100 % de salida (punto extremo superior): sin embargo, cuando se realiza de esta manera se denominan puntos extremos terminales.

Como en todos los dispositivos electrónicos, es importante que los transductores estén equilibrados e interconectados adecuadamente con el sistema de medida. asociado. Uno de los aspectos más vigilados consiste en el equilibrio de impedancia de salida y de impedancia de carga. Una falta de equilibrio en este sentido puede ocasionar errores de carga, que aumentan con la relación de la impedancia de salida y la impedancia de carga. Se debe prestar especial atención a las recomendaciones de la fuente de excitación realizadas por el fabricante.

Ciertas características eléctricas necesitan ser vigiladas (y probablemente necesitan que se les aplique tolerancias en una especificación del transductor) cuando se incorporan circuitos acondicionadores de la excitación o acondicionadores de la salida a un transductor. La salida de un convertidor c.a.-c.c. en el transductor, por ejemplo, puede contener una determinada componente c.a. (rizado). La salida de un amplificador encapsulado integralmente puede contener perturbaciones aleatorias (ruido) y puede estar sujeto a

variaciones en la característica de los componentes del amplificador que provocan una inestabilidad de la ganancia. Cuando la salida de un transductor es c.a. senoidal, puede contener distorsiones debido a la presencia de armónicos (frecuencias distintas de la frecuencia fundamental, este contenido de armónicos se expresa usualmente como un porcentaje de la salida eficaz del transductor.

II.1.4.-Características mecánicas para su diseño.

Las características mecánicas de diseño se especifican en los transductores principalmente por tres razones:

- para facilitar su manejo e instalación,
- para prevenir utilizaciones inadecuadas o una degradación de la vida útil ocasionada por el fluido a medir o por el ambiente,
- para intercomunicar adecuadamente al transductor con el sistema con el que opera.

La configuración, dimensiones, previsiones de montaje y sus dimensiones, y el tipo, tamaño y localización de todas las conexiones eléctricas, mecánicas y con el fluido están especificadas siempre, así como las previsiones para ajustes de ganancia y cero externas. El material de la carcasa del transductor, así como el grado de sellado de la misma deben ser conocidos cuando la aplicación lo requiere, y normalmente es necesario establecer qué materiales deben estar expuestos razonablemente en contacto con el fluido a medir (o qué fluidos pueden y no pueden entrar en contacto con las partes expuestas del transductor). Determinadas normalmente zaclones desarrolladas por gobiernos o por otras organizaciones también pueden aplicadas a los transductores cuando, por ejemplo, deben operar como parte de sistema hermético o cuando deben estar a prueba de explosiones, a prueba de humedades u operar en ambientes de elevada temperatura o con radiación nuclear.

Una característica que puede ser clasificada como mecánica y que con frecuencia necesita más atención de la que se le da normalmente son las informaciones de placa, inscritas o en una placa separada y unida a la carcasa de un transductor o directamente sobre la propia carcasa. Excepto en casos raros en los por ser un transductor extremadamente pequeño no se le puede añadir esa información de placa, usualmente es posible inscribir una información prácticamente completa acerca del transductor en una placa unida a la carcasa. Como mínimo la información puede incluir una nomenclatura descriptora del transductor (si se utiliza un termino comercial para designar al transductor debe estar indicado) así como las características más pertinentes como rango, excitación, salida, número de serie y numero de componentes, nombre del fabricante y dirección, identificación de las conexiones eléctricas externas (las conexiones o los hilos de conexión deben estar etiquetados) y, por supuesto, cualquier tipo de información adicional que se requiera sobre estándares, códigos industriales o necesidades especiales del usuario.

II.1.5.-Características de actuación.

Las características de actuación de los transductores se pueden caracterizar como sigue: características estáticas que describen la actuación en unas condiciones ambientales, con cambios muy lentos de la magnitud a medir y en ausencia de golpes, vibraciones o aceleraciones (a menos que sea ésta la magnitud a medir); aunque existen ciertas disensiones acerca de qué condiciones constituyen las condiciones ambientales, generalmente se establecen de la siguiente manera (a menos que se especifique otra cosa); una temperatura de 25 ± 10 °C a una humedad relativa del 90 % o menos, y una presión barométrica entre 880 y 1080 mbar (88 a 108 kPa).

Características dinámicas, que relacionan la respuesta de un transductor con las variaciones de la magnitud a medir en el tiempo.

Características del medio ambiental, que relacionan la actuación de un transductor antes de su exposición (características ambientales) o durante la exposición (características ambientales operativas) a unas condiciones externas (como temperaturas, golpes, vibraciones).

Características de fiabilidad, que relacionan la esperanza de vida del transductor con una serie de sucesos que pueden presentarse por su utilización inadecuada en un sistema en el que opera conjuntamente.

II.1.5.1 Características estáticas.

Para todo transductor existe una relación ideal o teórica entre la salida y la magnitud a medir. Si el transductor estuviera diseñado idealmente por diseñadores ideales y estuviera fabricado de materiales ideales utilizando métodos y técnicas ideales la salida de ese transductor ideal indicaría siempre el valor real de la medida.

a).- La histéresis La histéresis es la máxima diferencia en la salida, para un valor de la magnitud a medir para un valor determinado interior al rango cuando este valor es alcanzado mediante el aumento y disminución de la magnitud. Muchos tipos de transductores tienen histéresis, que está ocasionada normalmente por una retención en la acción del elemento sensor. La histéresis se expresa en % SFE.

La histéresis vista por una porción en el rango es siempre menor que la histéresis total.

Algunos tipos de transductores, normalmente los transductores potenciométricos, tienen un error que se asemeja a la histéresis, pero que no debe ser confundido con ella.

Este error normalmente está ocasionado por la fricción entre el brazo de la escobilla y el elemento potenciométrico, y se denomina error de fricción. Estos efectos de fricción, pueden ser minimizados mediante la relajación del transductor, aplicando fuerzas de aceleración oscilatoria o intermitente al mismo. Cuando un transductor se calibra con una técnica de relajación se permite establecer la histéresis real. Sin embargo, si no se especifica la relajación, el error de fricción se incluye dentro de la histéresis. El error de fricción se determina frecuentemente como el máximo cambio a la salida, para un determinado valor de la magnitud a medir dentro del rango, antes y después de minimizar la fricción dentro del transductor. Una calibración en la que se emplea una técnica de relajación se denomina una calibración libre de fricción. Este tipo de calibración se realiza únicamente cuando en la aplicación se desea un error mínimo de fricción.

b).-La repetibilidad .- (también denominada reproductividad) es la habilidad de un transductor a reproducir lecturas de salida cuando se aplica el mismo valor de la magnitud de manera consecutiva, bajo las mismas condiciones y en la misma dirección. Se expresa como la máxima diferencia entre las lecturas de salida, determinadas si no se especifica otra cosa mediante dos ciclos de calibración y se expresa como «dentro de \pm % SFE». Si el muestreo se realiza aumentando el número de ciclos de calibración se obtiene una medida estadística de la repetitividad mejor.

c).-La linealidad.-La linealidad expresa el comportamiento diferencial de la curva de calibración respecto a una línea recta especificada. Se expresa como «dentro de \pm % SFE», como la máxima desviación de cualquier punto de calibración, a partir del punto correspondiente en la línea recta especificada durante un ciclo de calibración. Cuando se realiza más de un ciclo de calibración se especifica la peor linealidad observada. La linealidad cuando no va acompañada de la especificación de a qué tipo de línea recta se refiere, tiene un significado dudoso. Un transductor puede tener una linealidad independiente dentro del $\pm 0,5$ % SFE mientras que su linealidad terminal está dentro del $\pm 3,5$ % SFE. El tipo específico de línea de referencia se establece mediante una modificación de la palabra linealidad .

d).-La linealidad con pendiente teórica.- está relacionada con la pendiente teórica que es la línea recta entre los puntos terminales teóricos.

e).-La linealidad terminal.- se refiere a la línea terminal que es una forma especial de pendiente teórica para la cual los puntos extremos teóricos se encuentran exactamente al 0% y al 100% del rango y la salida a forma de escala.

f).-La linealidad de puntos extremos.- es la línea de puntos extremos, que son las salidas de los límites superior e inferior del rango obtenidos durante una calibración.

g).-La linealidad independiente.- está referenciada con la mejor línea recta que es la línea intermedia entre las dos líneas paralelas en cuyo interior se mantienen todos los valores de salida de una curva de calibración. La mejor línea recta sólo se puede dibujar después, de que se ha completado la calibración.

h).-La linealidad de mínimos cuadráticos.- está referenciada a la línea de mínimos cuadráticos, que es la línea recta para la cual la suma de los cuadrados de los residuos es mínimo. El término residuo se refiere a las desviaciones de las lecturas de la salida respecto a los valores correspondientes a la línea recta calculada. El cálculo se realiza usualmente con la ayuda de una calculadora.

i).-La conformancia (o conformidad).- es un término que se utiliza en determinadas ocasiones aplicado en la comparación de una curva de calibración con una curva especificada para un transductor inherentemente no lineal. Típicamente se refiere a una curva teórica aunque también se utilizan líneas de cuadráticos medios y otras.

j).-La resolución y el umbral.- La resolución de un transductor de salida digital viene dada por el número de bits de la palabra de datos, o en el caso de los transductores de salida digital incrementales por el número de indicaciones de nivel alto obtenido por unidad de longitud o ángulo . El cambio más pequeño en la magnitud a medir necesario para conseguir un cambio medible en la salida es el umbral del transductor.

k).-La sensibilidad.- es simplemente la relación en el cambio en la salida con el cambio en el valor de la magnitud a medir.

l).-La banda de error .-Una banda de error es la banda de desviaciones máximas de los valores de salida respecto a una línea especificada de referencia debido a causas atribuibles al transductor. Como estas desviaciones pueden ser debidas a la no linealidad, no repetibilidad, histéresis, desplazamiento de cero, desplazamiento de sensibilidad y otros, se comprueba que las características de un transductor son fáciles de especificar y determinar cuando se conocen las características individuales. Una banda de error se especifica en términos de «±__% SFE», y su determinación se basa en las desviaciones máximas observadas durante como mínimo dos ciclos de calibración consecutivos (para incluir la repetibilidad) y expresado como «+__%, —__% SFE». Debe especificarse una línea o curva de referencia específica para determinar la banda de error, y el término banda de error se modifica en un términos de condiciones ambientales cuando se requiere analizar otras condiciones especiales.

m).-La banda de error estático .-es la banda de error aplicable en condiciones ambientales y en ausencia de golpes, vibraciones o aceleraciones.

II.1.5.2.-Características dinámicas.

Cuando se utiliza un transductor en medidas donde la magnitud varía de manera rápida, o en donde puede existir cambios de la misma en escalón se deben establecer las características dinámicas de transductor.

a).-respuesta frecuencial.- es el cambio observado con la frecuencia de la relación amplitud de salida/amplitud de la magnitud dentro de un rango definido de frecuencias y variaciones senoidales de la magnitud aplicada al transductor.

b).-el amortiguamiento.- es la característica de disipación de energía que junto con la frecuencia natural determina el límite superior de la respuesta frecuencial así como las características de la respuesta transitoria de un transductor. En respuesta a un escalón en la magnitud, un sistema subamortiguado oscila alrededor del valor permanente final antes de permanecer a este valor; un sistema amortiguado críticamente se encuentra en el punto de cambio entre las condiciones de subamortiguado y sobreamortiguado. Cuando un sensor se coloca en oscilación libre, la frecuencia de esta oscilación es la frecuencia natural.

II.1.5.3.-Características del medio ambiente.

Cuando un transductor opera bajo condiciones distintas a aquellas en las que ha sido calibrado se deben conocer los efectos ambientales y las desviaciones resultantes de las actuaciones estáticas o errores ambientales.

a).-los efectos térmicos.- deben ser conocidos y deben estar cuantificados en todos los tipos de transductores.

El rango de temperatura operativo es el rango de temperaturas ambientales, dado por sus extremos superior e inferior dentro del cual el transductor opera dentro del rango de especificaciones definido.

Temperatura máxima es la temperatura más alta a que el transductor puede estar expuesto sin que se dañe.

b).-los efectos de las vibraciones.- efectos debidos a aceleraciones vibratorias, pueden afectar a los transductores de manera similar a las aceleraciones permanentes.

Error de vibración es el cambio máximo en la salida ocasionado por unos determinados niveles de vibración de amplitud y rango de frecuencias especificado bajo unos determinados ejes y en condiciones ambientales.

c).-los efectos de la presión ambiental.- se pueden observar en algunos transductores cuando están calibrados a una presión barométrica ambiental normal y están utilizados en altitudes elevadas o en condiciones especiales donde la presión ambiental se acerca al vacío.

El error de presión ambiental es el máximo cambio en la salida cuando la presión ambiental cambia dentro de unos valores especificados, usualmente entre una presión ambiental normal y una presión ambiental elevada o muy baja.

d).-los efectos de montaje.- son los que pueden aparecer durante la instalación de un transductor, de manera que cambien las condiciones del mismo.

El error de montaje es el error resultante de la deformación mecánica del transductor ocasionado en el montaje del mismo y en la realización de las conexiones.

Otros efectos ambientales en modo operativo actuantes sobre el comportamiento de un transductor durante su operación normal y que pueden ser conocidos e incluidos en las especificaciones son: la humedad y la inmersión en líquido-, (de transductores sellados pobremente, iniciándose con una reducción de la resistencia de aislamiento); efectos de corrosión y de concentraciones elevadas de sales en la atmósfera ambiental; efectos varios de los fluidos a medir sobre los elementos- sensores del transductor; influencia de los campos electromagnéticos ambientales sobre los elementos de transducción y la circuitería integrada y los efectos de la radiación (nuclear, ionizante) sobre los diversos elementos del transductor.

Los efectos ambientales en modo no operativo sobre las prestaciones de un transductor consecuentemente a su exposición a esas condiciones ambientales, deben ser conocidos, y si es necesario, determinados en una especificación. Estas condiciones ambientales no sólo incluyen temperaturas, vibraciones, golpes, humedades, etc., analizables durante almacenamiento, transporte y manipulaciones, sino que incluyen condiciones ambientales de limitación de los excesos de las condiciones de operación de un transductor cuando se encuentra instalado aunque no activo. Todas las características de sobrecarga y sobrerango deben ser consideradas como condiciones no operativas.

Algunos ejemplos de condiciones ambientales no operativas son la temperatura ambiental para los sensores de radiación o sensores luminosos que normalmente operan refrigerados a baja temperatura; vibraciones significativas para los transductores utilizados en satélites, en donde no necesitan operar hasta su separación del satélite con las instalaciones de elevación, y baja temperatura junto con un estado líquido, de un flujo que está orientado a ser medido sólo cuando está en estado gaseoso y a temperaturas mayores.

Los efectos ambientales de tipo limitado son significativos para determinados tipos de transductores, o en transductores para determinadas medidas, además de los efectos ambientales descritos anteriormente. Estos incluyen:

1. Error de conducción. consistente en el error en la temperatura del transductor debido a la conducción térmica entre el elemento sensor y el montaje del transductor.
2. Error debido a esfuerzos, como el error resultante de un esfuerzo impuesto sobre una superficie a la que el transductor se encuentra filado: este error es significativamente importante en los transductores de temperatura de superficie y en las aplicaciones de galgas extensométricas.

3. Error de presión de referencia, consistente en el error resultante de cambios en la presión de referencia, presión relativa a la que se mide las presiones en un transductor de presión diferencial, dentro de un rango especificado de presiones de referencia
4. Sensibilidad transversal, consistente en la respuesta de los transductores de aceleración a efectos de aceleración en ejes transversales al eje sensor.

II.2.5.4.-Características de fiabilidad.

Aunque algunas características ambientales en modo operativo y no operativo están relacionadas con la fiabilidad de un transductor, las características consideradas aquí son aquellas que están relacionadas con la vida útil de un transductor así como aquellas características que pueden ocasionar efectos adversos en el sistema en el que el transductor está instalado cuando un transductor falla de una manera particular.

La vida operativa de un transductor se puede expresar de dos maneras: como vida operativa, entendida como el mínimo (especificado) lapso en el que el transductor operará, ya sea continuamente o sobre un número de ciclos, de funcionamiento o no funcionamiento de duración especificada, sin cambios en las características dentro de unas tolerancias especificadas; o como vida de ciclo, entendida como el mínimo (especificado) número de excursiones de rango completo (o excursiones de rango parcial especificado) sobre las que un transductor operará sin cambio en sus prestaciones dentro de unas tolerancias especificadas.

En algunos casos también es necesario especificar una vida de almacenamiento, entendida como el lapso de tiempo en la que el transductor podrá estar expuesto a unas determinadas condiciones de almacenamiento sin cambio en sus prestaciones dentro de unas tolerancias especificadas.

Las características de fiabilidad relacionadas con los efectos adversos actuantes sobre el transductor cuando se encuentra instalado son generalmente dependientes de la aplicación. Estas incluyen características controladas por códigos de protección. Incluyen las características consideradas importantes que determinan los efectos de un fallo después que éste se haya producido. Un ejemplo puede ser los resultados de un cortocircuito interno (se deben establecer protecciones en el sistema eléctrico asociado o pueden estar incluidos dentro del transductor). Otro ejemplo es el valor máximo de presión de un transductor, presión que puede ser aplicada al elemento sensor o al encapsulado de un transductor sin ruptura

II.2.-Sistemas de medición.

El sistema internacional de unidades (Systeme International de Unités) SI, que procede del sistema métrico absoluto, ha sido adoptado como estandar por la mayoría de los países. Esta basado en siete unidades fundamentales y dos unidades suplementarias.

Las unidades fundamentales son: el metro(m) como unidad de longitud; el kilogramo(kg) como unidad de masa; el segundo(s) como unidad de intervalo de tiempo; el amperio(A) como unidad de corriente eléctrica ; el grado Kelvin(K) como unidad de temperatura; la candela(cd) como unidad de luminosidad y el mol(mol) como unidad de cantidad de sustancia.

Las dos unidades suplementarias son el radián(rad) como unidad de ángulo plano y el estereorradián(sr) como unidad de ángulo solido.

Algunos conceptos básicos para entender mejor los sistemas de medición son:
flujo.-es el movimiento de un fluido.

Densidad.- es la relación entre la masa de un cuerpo o sustancia homogénea y su volumen.

Viscosidad.- es la resistencia de un fluido al flujo.

Humedad.- es la medida del vapor de agua presente en un gas.

Presión.- en mecánica, fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie. La presión suele medirse en atmósferas (atm); en el Sistema Internacional de unidades (SI), la presión se expresa en newtons por metro cuadrado; un newton por metro cuadrado es un pascal (Pa). La atmósfera se define como 101.325 Pa, y equivale a 760 mm de mercurio en un barómetro convencional.

Sonido.- es una oscilación en presión, tensión, desplazamiento de partículas, velocidad o densidad de partículas que se propaga en un material o medio, viscoso o elástico.

Calor.- es energía, específicamente energía en transferencia, debido a la diferencia de temperatura entre un sistema y su entorno .

Luz.- es una forma de energía radiante, una radiación electromagnética propagada en forma de onda.

Color.- es una característica de la luz visible asociada a su longitud de onda, especialmente su longitud de onda dominante.

II.2.1.-Mecánicos.

La longitud entre dos puntos de una línea recta es la distancia entre esos dos puntos, la separación espacial entre esos dos puntos u objetos.

Angulo.- es la figura obtenida al dibujar dos líneas rectas sobre un punto o pr dos superficies divergentes a partir de una misma línea. El ángulo representa la cuantificación de la rotación de una de las dos líneas alrededor del punto hasta la otra línea, o la cuantificación de la rotación de una superficie alrededor de la línea común hasta la otra superficie.

II.2.2.-Fluidos.

Densidad.- Se utilizan diversos principios en los dispositivos sensores de densidad (transductores de densidad, densímetros). El principio de flotación, muy comúnmente usado en los densímetros manuales, no se utiliza sin embargo en los sensores electrónicos de densidad. Los sensores de capacidad utilizan la correlación existente entre la densidad y la constante dieléctrica de un determinado líquido. La constante dieléctrica de un líquido varía proporcionalmente a la densidad del líquido. Si se conoce la temperatura, la densidad puede determinarse a partir de la salida de un dispositivo capacitivo de armaduras fijas debido a la variación del dieléctrico. Dispositivos fotoeléctricos, en forma de refractómetros, se usan para la determinación de densidades; el índice de refracción está correlacionado con la densidad. Los sensores sónicos se basan en la variación de la velocidad de propagación del sonido a través de un líquido con la variación en la densidad (o gravedad específica) del líquido a temperatura y presión constante. Los dispositivos sensores nucleónicos se basan en la atenuación creciente de los rayos gamma, pasando a través de un líquido, con un aumento de la densidad. Dispositivos sensores de elemento vibrante utilizan el cambio en la frecuencia natural de un elemento mecánico, mantenido dentro de un líquido, con la densidad del fluido.

Humedad.- sensores de humedad implican la utilización de energías electromagnéticas dentro de las regiones del espectro de radiofrecuencias, infrarrojos o ultravioleta. Estos dispositivos emplean métodos tales que permiten la lectura de humedad de sólidos, líquidos o fases en términos volumétricos (porcentaje) o de relación de masas (partes por millón). Un dispositivo aplica energía de radiofrecuencia (RF) a una muestra y determina la humedad en términos de pérdida de energía, así el contenido de humedad se relaciona con una admitancia (impedancia) electromagnética.

Los dispositivos más comunes son de naturaleza estroboscópica. Su operativa se basa en la parcial y selectiva absorción de radiación, debida al contenido de humedad, a una longitud de onda especificada. Estas longitudes de onda se localizan en el espectro de las regiones

de los ultravioleta (UV) hasta los infrarrojos (IR) incluyéndola luz visible. En algún instrumento de laboratorio de investigación se llega a utilizar el rango de rayos gamma. Los sistemas comerciales utilizan básicamente el espectro de absorción de infrarrojos. En algunos, la absorción de IR se mide a una longitud de onda específica (características del H₂O) y sobre un volumen muestra del fluido a medir, así como sobre un volumen muestra de un fluido cuya humedad se conoce, comparándose las lecturas. Otro sistema aplica dos longitudes de onda específicas sobre el fluido a medir, comparando la atenuación (un emisor de energía IR sobre un fotodetector) en dos inclinaciones de la curva espectral de manera que uno se utiliza como referencia y el otro, significativo al cambio de absorción, como medida. Las bandas características de absorción del contenido de humedad pueden también observarse a frecuencias submilimétricas y así, equipos que utilizan estas frecuencias (radiómetros de microondas) se usan para determinar el contenido de humedad de la atmósfera de satélites, de manera remota.

II.2.3.-Acústicos.

El sonido se detecta mediante elementos sensibles a la presión; el diafragma plano o alguna variación en su diseño se utiliza en la mayoría de dispositivos sensores de sonido.

En algunos casos, el elemento de transducción proporciona el mismo la función sensora y el diafragma actúa entonces como membrana de aislamiento. El diafragma responde a las variaciones de la presión de sonido. EL elemento sensor está normalmente configurado como sonda de presión manométrica, esto es, la presión ambiental se admite por el lado referencial del diafragma. Así, la presión del sonido se mide con respecto a la presión estática del ambiente, mientras que las presiones estáticas actúan en la superficie de entrada o de salida del diafragma.

II.2.4.-Térmicos.

Los cristales de cuarzo, utilizados como elementos controladores de frecuencia en circuitos oscilantes, se pueden utilizar como sensores de temperatura. La sensibilidad de estos cristales a los cambios de temperatura es bien conocida en los campos de la ingeniería de comunicación. Este fenómeno se utiliza para la medida de temperatura en el rango entre -50 a +250 °C.

Los sensores de temperatura capacitivos se basan en los cambios inducidos por temperatura en las características del dieléctrico. Estos sensores han sido utilizados principalmente en las medidas en las regiones criogénica y criogénica baja. El material dieléctrico se selecciona para optimizar la dependencia con la temperatura en el rango de medida deseado .

II.2.5.-Optico.

Los sensores de luz se pueden clasificar en dos categorías principales: detectores cuánticos (o detectores fotónicos) y detectores térmicos. Los detectores fotónicos dependen de los efectos producidos cuando la radiación incidente (fotones) actúa sobre los electrones del material sensor. Los detectores térmicos responden a la energía radiante incidente total; se utilizan principalmente como sensores de radiación infrarroja (IR). Los detectores fotónicos emplean transductores fotovoltaicos, fotoconductivos, unión-fotoconductiva, fotoemisivos o fotoelectromagnéticos. Los detectores térmicos utilizan métodos de transducción termoeléctrica, bolométrica o piroeléctrica.

II.2.6.-Nuclear.

La capacidad de sensar y transducir una radiación nuclear se denomina comúnmente detección de radiación y los transductores de radiación nuclear son conocidos como detectores de radiación. Prácticamente en todos los detectores de radiación el proceso de detección se basa en la interacción de la radiación con una sustancia contenida en el detector.

La detección de electrones se puede realizar mediante tubos electrómetros de impedancia de entrada muy alta o mediante otros electrómetros como los de tipo tubo de fibra de cuarzo o reed vibrante. Sin embargo los dispositivos más comúnmente utilizados son los multiplicadores de electrones, en los que los electrones incidentes proporcionan una emisión secundaria de electrones cuando un efecto avalancha, a través de un número de dinodos o de un dinodo continuo. Los dinodos se colocan en dirección al ánodo, de manera que la señal de salida es la correspondiente al cambio de la corriente anódica equivalente al flujo total de electrones hacia el ánodo.

II.2.7.-Eléctricos.

La carga es una magnitud de electricidad, siendo la corriente el flujo de carga por unidad de tiempo. La unidad de carga es el Culombio (C), definido como la cantidad de corriente transportada en un segundo por una corriente de un Amperio.

El amperio es aquella corriente constante que mantenida sobre dos conductores paralelos rectos de longitud infinita.

El dispositivo más utilizado como sensor de tensiones de c.a., particularmente en circuitos de distribución de energía eléctrica es el transformador de tensión, que reduce la tensión

elevada de entrada a una tensión inferior en el lado secundario del transformador, utilizable para un visualizador o procesador.

Los sensores de corriente de efecto hall se pueden utilizar en medidas tanto de corriente c.c. como de c.a. La corriente ocasiona un cambio en un campo magnético en el cual se localiza un dispositivo may. Este dispositivo es un semiconductor de un tipo específicamente seleccionado para este uso. Este produce un campo eléctrico que se sitúa transversalmente a una corriente de excitación que pasa a través de él y que es transversal con el campo magnético. La tensión de salida creada por el campo eléctrico que se sitúa transversalmente a una corriente de excitación que pasa a través de él y que es transversal con el campo magnético.

TEMA III

“ACONDICIONAMIENTO DE LAS SEÑALES”

TEMA III.-ACONDICIONAMIENTOS DE LA SEÑAL

III.1.- Introducción.

El procesamiento digital de señales ofrece ventajas distintas cuando se compara con el procesamiento analógico. En general, los circuitos digitales son más estables y predecibles. No requieren ajustes ni sintonización durante el proceso de producción o al trabajar en línea. Conforme avanza la tecnología de fabricación de circuitos integrados (CI) y de circuitos con escala de integración grande (LSI, por sus siglas en inglés), el procesamiento digital de señales proporciona más ventajas en costo, tamaño, velocidad y confiabilidad que su contraparte analógica. En 1979, Intel introdujo el primer procesador digital de señales (PDS) en tiempo real, el Intel 2920.

El PDS se conoce como un procesador LSI que puede trabajar con números y hacer cálculos mucho más rápido que un microprocesador. Por otra parte, este último es más versátil y puede proporcionar más funciones para un sistema de control.

Los ingenieros de control utilizan las computadoras digitales básicamente para dos fines: el primero es la simulación y cálculo de la dinámica de los sistemas de control. Los ingenieros dependen de las simulaciones realizadas en una computadora digital para llevar a cabo el análisis y diseño de sistemas de control complejos, lo que de otra forma sería una tarea muy laboriosa. Las simulaciones de la computadora también se emplean para verificar los resultados obtenidos por medios analíticos.

Otra aplicación importante de la computadora digital en los sistemas de control es su empleo como controladores o procesadores. En años recientes, con los avances en microcomputadoras, en muchos casos es mejor implantar el controlador con una microcomputadora o un microprocesador. Sin embargo, muchos de los procesos que se deben controlar del mundo real, contienen elementos analógicos; por tanto, la mayor parte de los sistemas de control denominados digitales por lo general contienen señales analógicas y digitales. En estos casos el proceso de conversión de señales es un elemento esencial para poder realizar la interfaz entre los componentes analógicos y digitales del sistema; por ejemplo, la señal de salida de un dispositivo analógico, como un sensor analógico, debe experimentar primero una conversión analógico-digital (A/D) antes de que el controlador digital pueda procesar la señal. Algunas veces el proceso de conversión analógico-digital requiere una operación de codificación, de modo que la magnitud de la señal quede expresada en algún código digital. De manera similar, la señal de salida generada por el controlador digital primero debe experimentar un proceso de conversión digital-analógico antes de ser enviada hacia algún dispositivo analógico para su procesamiento. De hecho, muchos microprocesadores diseñados con propósitos de control, como el Intel MCS-96, incluyen convertidores A/D en la tarjeta a fin de convertir datos. Dado que la señal que proviene de un controlador digital aparece no sólo como un código sino también en la forma de una secuencia de números, la señal debe suavizarse después de

la decodificación con un dispositivo de reconstrucción de datos, o filtro pasabajas; antes de ser enviada al proceso analógico.

Existen otras operaciones de procesamiento de señal, como el tiempo compartido, que requieren dispositivos como el multiplexor y el muestreador/retenedor (S/H, por sus siglas en inglés) entre otros. Dado que estos componentes son importantes para el procesamiento y condicionamiento de las señales en los sistemas de control digital, todos serán descritos y modelados en este capítulo. Sin embargo, como existen muchos libros dedicados a la materia del procesamiento de señales y los aspectos de hardware pertinentes, el lector debe consultar la literatura para obtener un panorama más amplio de los convertidores A/D y D/A, y del procesamiento digital de señales.

El objetivo del estudio elemental de convertidores A/D y D/A, multiplexores, y de la operación de muestreo y retención es establecer la importancia que tiene el procesamiento de señales en sistemas de datos discretos y de control digital y, lo más importante, la manera en que se emplean el modelado y tratamiento matemático de estos componentes para fines de análisis y diseño.

A continuación se proporcionan las definiciones de los dispositivos de procesamiento de señal mencionados (analógico y digital).

El término analógico en el campo de la ingeniería y la computación significa todo aquel proceso entrada/salida cuyos valores son continuos. Algo continuo es todo aquello que puede tomar una infinidad de valores dentro de un cierto intervalo de tiempo.

El término digital de la misma manera involucra valores de entrada/salida discretos. Algo discreto es algo que puede tomar valores fijos. En el caso de las comunicaciones digitales y el cómputo, esos valores son el cero (0) lógico o el uno (1) lógico o Bits.

III.2.- Analógico-digital.

Para explicar el funcionamiento de los convertidores A/D es necesario describir dos métodos distintos que utilizan los sistemas electrónicos para procesar información numérica: analógica y digital.

Si tratamos de representar un valor de 5volts en un dispositivo analógico se podría cargar un capacitor a 5 V. En un dispositivo digital, 5 volts se representan por un código digital(un número binario o palabra digital como por ejemplo de 4 bits:0101) el cual se puede almacenar en memorias.

La mayoría de los transductores generan una señal de salida analógica. Por ejemplo un transductor de temperatura; si la temperatura varía de manera continua, la salida del transductor mostrará una variación continua y hay posiblemente una infinidad de números que pueden definir a los valores de salida. El convertidor Analógico/Digital (A/D o ADC) es el dispositivo electrónico utilizado en los sistemas de adquisición de datos para convertir las señales analógicas de los transductores en el código digital utilizado por la computadora. La representación digital del valor de salida del transductor es un código relacionado con la salida analógica del transductor, pero no describe exactamente la salida.

Por ejemplo, podría conectarse la salida de un transductor a un relevador que opera un foco; si el voltaje es menor o igual a 5volts el foco está apagado, si el voltaje de salida del transductor es mayor a 5volts el foco se enciende. Los estados de prendido y apagado del foco son un código digital que representa la salida del transductor.

De manera similar la salida digital del transductor se podría representar por dos focos, por lo que existirían cuatro estados posibles para el par de focos; esto se muestra en la tabla 3.1.

	Foco 1	Foco 2
$V < 2.5$	Apagado	Apagado
$2.5 \leq V < 5.0$	Apagado	Encendido
$5.0 \leq V < 7.5$	Encendido	Apagado
$7.5 \leq V$	Encendido	Encendido

tabla 3.1.- estado de operación de dos focos.

Con dos focos la salida del transductor ahora se representa con más precisión que con un foco. Estos sistemas de focos representan formas primitivas de convertidores A/D. El sistema de un foco es un convertidor A/D de 1-bit y el sistema de dos focos es un convertidor A/D de 2-bits. Un bit tiene dos estados posibles encendido o apagado. Dentro de la computadora, se usan los flip-flops para representar tales estados.

En general, la salida de un convertidor A/D tiene a la 2^N valores posibles, donde N es el número de bits usado para representar la salida digital. El sistema de 1-bit tiene dos estados de salida posibles, (0 y 1), y el sistema de 2-bits tiene 4 estados de salida posibles

(00,01,10 y 11) en representación binaria. Los Sistemas de adquisición de datos computarizados normalmente utilizan convertidores A/D con 8-bits, de menos, donde el número de estados posibles es 28(igual a 256), estos estados se representan por números binarios con valores entre 00000000 y 11111111. Un ejemplo es 10000001, dado que existe una conversión directa entre números binarios(base 2) y decimales(base 10), esta salida se establece como 129 en decimal. La representación física actual en la salida del ADC es, sin embargo, binaria.

Aunque la circuitería de los ADC's puede variar ampliamente, desde un punto de vista externo estos pueden ser descritos por tres características principales. La primera es el número de bits usado para representar la salida, entre más grande sea el número de bits mas grande será el número de estados posibles para la salida y la entrada analógica será representada con mayor precisión por la salida digital. La segunda característica es el rango de entrada; y la tercera es la velocidad de conversión, el tiempo que toma crear una salida digital después de que al dispositivo se le indica hacer la conversión.

El rango de entrada de un ADC es el rango de voltaje analógico de entrada sobre del cual el convertidor producirá una representación digital de salida. Los voltajes de entrada fuera de rango no producirán una representación digital significativa de la entrada. El rango de entrada de los ADC's se clasifica como unipolar o bipolar. Un convertidor unipolar solo puede responder a entradas analógicas con el mismo signo (ejem. 0 a 5 volts o 0 a -10 volts), y uno bipolar puede convertir entradas positivas y negativas (valores típicos son ± 5 y ± 10 volts).

Un tipo de convertidor A/D conceptualmente fácil, llamado convertidor Integrador de pendiente simple o integrador simple, (unipolar), sirve para demostrar el proceso de conversión A/D. En este dispositivo se usa un voltaje de referencia constante para cargar un integrador en un ritmo constante, entonces el voltaje de salida del integrador se incrementara linealmente con el tiempo; al mismo tiempo que se inicia la carga, se inicia un reloj digital(contador). El voltaje de salida del integrador se compara continuamente con el voltaje de entrada analógico usando un comparador. Cuando el voltaje del integrador excede el voltaje de entrada, el reloj digital se detiene; el conteo del reloj es la salida digital del ADC

La conversión analógico-digital, o codificación, consiste en convertir la información numérica contenida en una señal analógica en una palabra digital. La conversión A/D es un proceso más complicado que la conversión D/A y requiere una circuitería más elaborada. En comparación con el convertidor D/A, el A/D tiene un costo mayor y una respuesta más lenta para la misma exactitud de conversión.

Cuando se proporciona un número como entrada a un convertidor A/D, éste realiza las operaciones de cuantización y codificación. Cuando se convierte una señal analógica que

cambia con el tiempo (un voltaje o una corriente) en una digital, el convertidor A/D efectúa usualmente las siguientes operaciones en sucesión: muestreo y retención, cuantización y codificación.

La operación de muestreo se necesita para tomar muestras de la señal analógica cada determinado tiempo. En teoría, esta operación no es necesaria; sin embargo, el tiempo de conversión A/D no es cero. Para disminuir el efecto de la variación de la señal durante la conversión, la muestra de ésta se mantiene fija hasta que la conversión está completa.

Si bien todos los valores posibles de la entrada forman un continuo, la salida está dividida en ocho (2^3) niveles discretos. De esta manera, como lo indica la figura 3.1, en el caso de la cuantización por redondeo existe una incertidumbre inherente de $\pm 1/2$ LSB en el proceso, además de los errores posibles en la conversión. Si se requiere una resolución mayor, entonces el número de bits de salida debe aumentarse. Sin embargo, esto también incrementa la complejidad de la circuitería y, tal vez, el tiempo total de conversión.

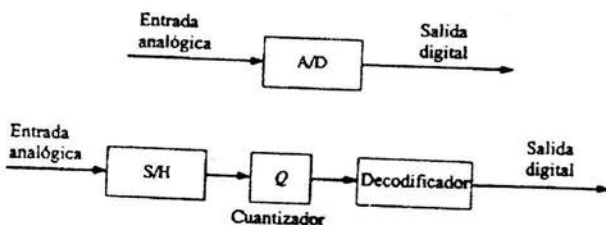


figura 3.1.- representación en diagrama de bloques de un convertidor A/D.

Aunque hoy en día existen muchos circuitos A/D, sólo unos cuantos resultan ser adecuados para la fabricación de equipos comerciales eficientes y compactos. Entre los tipos de convertidores A/D más utilizados se encuentran los siguientes:

1. Por aproximaciones sucesivas
2. Por integración (con uno o dos pendientes)
3. Por contador o de tipo servo
4. Por paralelo

Cada uno de estos tipos tiene sus propias ventajas y limitaciones. Cada uno es útil para una clase específica de aplicaciones de acuerdo con la velocidad de conversión, costo, exactitud y tamaño. En el mercado pueden hallarse unidades A/D desde seis hasta 16 bits. La exactitud de conversión más común es de 0.01% de la FS $\pm 1/2$ LSB.

Con la finalidad de ilustrar el proceso básico de conversión A/D, a continuación se describe de manera breve el convertidor A/D por aproximaciones sucesivas. La figura 3.2 contiene el diagrama de bloques simplificado de un convertidor A/D por aproximaciones sucesivas.

En esencia, consta de un comparador, un convertidor D/A y alguna lógica de control asociada. Al inicio de la conversión, todos los bits de salida son puestos en cero (operación de borrado) y el MSB se pone en uno. Después el MSB, que representa la mitad de toda la escala, se envía internamente al convertidor D/A y la salida de éste se compara con la entrada analógica. Si la entrada es mayor que el valor analógico del MSB, se deja el valor de éste, MSB = 1; de lo contrario, el valor se pone en cero. A continuación se pone en uno el siguiente bit más significativo y el proceso se repite. El convertidor cuenta con una línea de estado cuyo valor (cero o uno) indica que la conversión ha terminado y que la salida digital está disponible para su transmisión. La figura 3.2 presenta un diagrama de temporización típico para un convertidor A/D por aproximaciones sucesivas ya que el tiempo de conversión de un dispositivo A/D actúa como un retraso y se sabe que tiene efectos adversos sobre la estabilidad de los sistemas de lazo cerrado.

Además, el tiempo de conversión depende de la resolución del A/D y del método de conversión utilizado. Los tiempos de conversión de las unidades A/D disponibles comercialmente varían desde 100 ns hasta 200 μ s.

En el caso sencillo en que la entrada analógica es una señal analógica constante, el tiempo de conversión del A/D no tiene importancia, ya que la señal no cambia cuando se compara con los diferentes valores analógicos de los bits del convertidor.

En la práctica, lo común es que la señal cambie con el tiempo; como ya se mencionó. Una señal primero pasa por el dispositivo S7H, el cual muestrea y mantiene la entrada hasta que la conversión ha terminado.

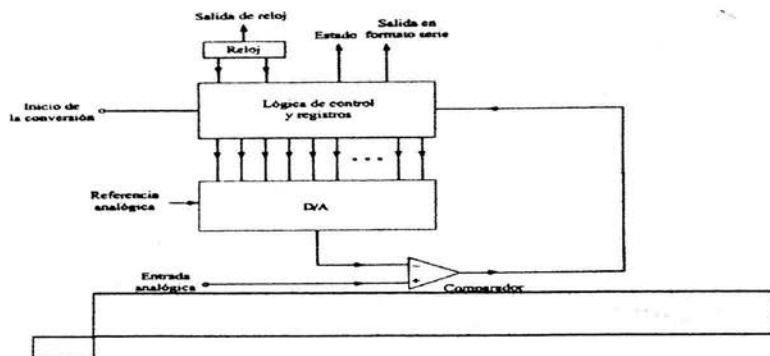


figura 3.2.- diagrama de bloques simplificado de un convertidor A/D por aproximaciones sucesivas.

En la figura 3.3 pueden verse los principios básicos en que se fundamenta el conversor A/D. La entrada es una señal analógica porque varía de forma continua con respecto al tiempo, y que se muestrea en determinados instantes, según la frecuencia de muestreo especificada. El valor de voltaje muestreado se convierte a un código digital, de forma que la combinación de ceros y unos que lo representa es única. En dicha figura puede verse que el código elegido para esta representación es de 8 bits. Todos los bits que constituyen el código salen al mismo tiempo (en paralelo) del conversor, cada vez que se muestrea una entrada, y el código representa el valor de la señal de entrada en el instante de muestreo.

Los códigos pueden enviarse a otros circuitos digitales del sistema en forma también paralela (cada bit por una línea separada), o uno tras otro en el transcurso del tiempo, a través de un mismo par de líneas (en modo serie). Resulta evidente que si el código es de n bits, y se muestrea a una frecuencia de s veces por segundo, entonces el número de bits por segundo que se transmitirían en modo serie sería de n a la s .

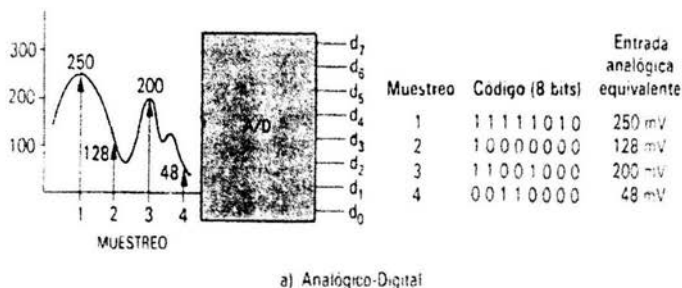


figura 3.3.- convertidor analógico-digital.

Pasos para digitalizar una señal :

1.- muestreo: durante un intervalo de tiempo fijo, el voltaje analógico conectado al integrador eleva el voltaje en la entrada del comparador a algún nivel positivo. Al final del intervalo de conteo fijo, el contador se inicializa a cero, y el interruptor electrónico conecta el integrador con un voltaje de entrada fijo o de referencia.

2.- Cuantificación: el uso de un reloj y de un integrador para realizar la conversión durante los intervalos de pendiente positiva y negativa tiende a compensar la desviación de la frecuencia del reloj y las limitaciones de precisión del integrador. Inicializando el valor de

la entrada de referencia y la frecuencia de reloj, se puede escalar la salida del contador como se desea. El contador puede ser de tipo binario, BCD o cualquier otra forma de contador digital, si se desea.

3.- Codificación: el voltaje a la salida del integrador disminuye y entonces cae por abajo del voltaje de referencia del comparador, momento en el cual la lógica de control recibe una señal (la salida del comparador) para detener la cuenta. El valor digital almacenado en el contador es entonces la salida digital del convertidor.

III.3.- Digital-analógico.

Mientras en algunas situaciones un sistema de adquisición de datos solo se usa para recolectar datos, es común para la computadora usar los datos adquiridos para cambiar algún aspecto del sistema medido. En los procesos de las plantas esto será una función de control y en experimentos puede ser un control o la variación de alguna variable independiente del aparato experimental.

La mayoría de los dispositivos usados para controlar un sistema, como solenoides, calentadores y válvulas; son dispositivos analógicos. Estos dispositivos operan en base a voltajes de entrada analógicos. Para operar estos dispositivos por medio de computadora las señales digitales de la computadora deben de convertirse en analógicas. Si el dispositivo analógico es simplemente un componente de encendido-apagado, pueden usarse relevadores u otros elementos de potencia controlados digitalmente; pero si el dispositivo requiere control proporcional, entonces se necesita un convertidor analógico digital (ADC).

Como se muestra en la figura 3.4 los bits de la salida digital se usan para operar un conjunto de interruptores electrónicos, en esta figura son cuatro bits y cuatro interruptores en configuración de método de conversión de red escalera R-2R. Un convertidor A/D básico se compone de una referencia, un conjunto de resistores de precisión, de peso binario para el método de conversión red de resistores de peso, ó para el método R-2R, y un conjunto de interruptores. En esta figura un amplificador operacional retiene un extremo de todos los resistores a cero volts; los interruptores se operan con la siguiente lógica digital, abierto para un 0 y cerrado para un 1. Cada interruptor que se cierra suma un incremento de peso binario de corriente que es expresado por la relación siguiente:

$$I_o = \frac{V_{ref}}{R} \left(x_1 2^{-1} + x_2 2^{-2} + x_3 2^{-3} + x_4 2^{-4} \right)$$

El cual por medio de la línea de interconexión de suma conectada a la entrada negativa del amplificador; donde $x_1 = 1$ si el interruptor S1 esta cerrado (en el estado alto) ó $x_1 = 0$ si el interruptor S1 esta abierto (en el estado bajo) y así para los demás interruptores. El voltaje de salida negativo es proporcional a la corriente total y por ende al valor del número binario. Los convertidores D/A se especifican como los A/D: el número de bits de entrada, rango de salida analógico y velocidad de conversión.

La conversión digital-analógica, o decodificación, consiste en transformar la información numérica contenida en una palabra digital en una señal analógica equivalente.

Los elementos básicos del convertidor D/A aparecen en el diagrama de bloques de la misma figura 3.4. La función de la circuitería lógica es controlar la conexión de la fuente de voltaje o corriente utilizada como referencia de precisión, con las terminales de entrada apropiadas de la red resistiva, todo ello como una función del valor digital de cada bit de entrada.

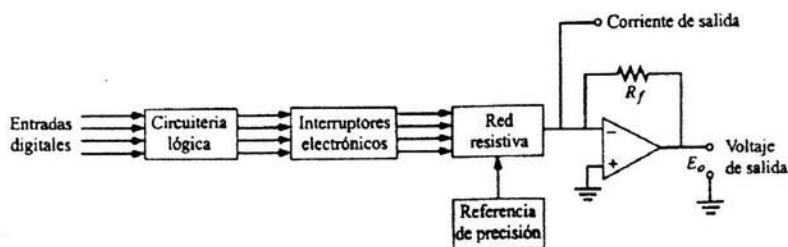


figura 3.4.- elementos básicos de un convertidor D/A.

En el caso del conversor D/A, la entrada tendría una forma idéntica o similar al código en paralelo que constituye la salida de un conversor A/D (si el código está en modo serie, para que el conversor D/A pueda usarlo es preciso convertirlo a modo paralelo). El conversor D/A da como salida un nivel de voltaje que corresponde con la serie de códigos de la entrada como se ve en la figura 3.5. Durante el periodo de muestreo el nivel de voltaje permanece constante; de modo que la señal de salida tiene forma escalonada, cada escalón correspondiéndose con un código digital. Es posible restaurar la salida de modo que acabe adoptando una forma muy similar a la original, haciendo pasar la salida del conversor a través de un amplificador y de un filtro, como se muestra en la figura 3.5. Cuantos más muestreos se realicen durante la conversión A/D, más precisa será la reconstrucción a través del conversor D/A y de los filtros.

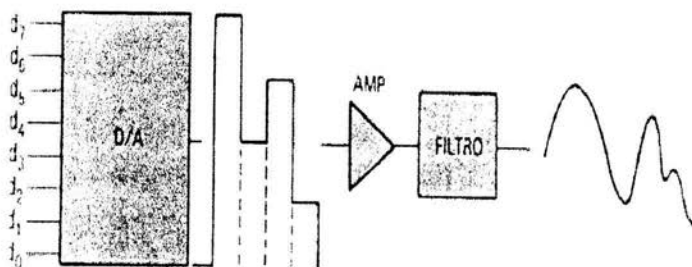


figura 3.5- convertidor digital-analógico.

Dado que un dispositivo D/A convierte una señal digital en analógica con una magnitud equivalente al valor de la palabra digital, entonces desde el punto de vista funcional, el dispositivo puede considerarse como formado por un decodificador y una unidad S/H, como se muestra en la figura 3.6. El decodificador decodifica la palabra digital en determinado número de pulsos modulados en amplitud. En realidad, el muestreador es redundante en la representación funcional, dado que el dispositivo S/H se considera como una unidad, la operación de muestreo queda incluida, aun cuando sea innecesaria. La relación de transferencia del decodificador es simplemente una ganancia constante y, en el caso ideal, esta ganancia es unitaria.

Es interesante notar que el amplificador operacional situado en la salida del convertidor D/A es capaz de producir oscilaciones y espigas en el transitorio de la salida. En la practica, el dispositivo S/H puede emplearse para eliminar estas espigas; por tanto, el empleo de la unidad S/H en la figura 3.6 como una representación funcional tiene una justificación realista.

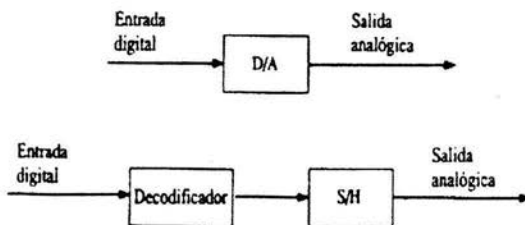


figura 3.6.- representación en diagrama de bloques de un convertidor D/A.

Es interesante comparar los diagramas de bloque de los convertidores D/A (Fig. 3.6) y A/D (Fig. 3.3) Si la resolución del convertidor A/D es muy grande, puede despreciarse el efecto no lineal de la cuantización, y ya que las relaciones de transferencia del codificador y del decodificador pueden representarse con ganancias constantes, los dos diagramas se reducen esencialmente a una operación S/H. Por otra parte, éste es el caso en los estudios analíticos de los sistemas de control digital. Quizá otra buena razón para despreciar los efectos de la cuantización es que el cuantizador es un elemento no lineal. Si bien es posible tratar de manera matemática la no linealidad de la cuantización y estimar el error producido por ésta, en realidad no hay un método general que permita el diseño de una clase de sistemas de control digital con cuantizadores.

III.4.- Señales digitales y codificación.

En las computadoras digitales las señales están representadas por palabras digitales o códigos. La información transmitida por el código digital en general tiene la forma de bits (pulsos lógicos que representan "0" o "1") codificados en formato serie o paralelo. Entonces, el valor numérico de una palabra o código digital representa la magnitud de la información en la variable que representa la palabra.

Dado que es sencillo distinguir e implantar sólo dos estados, encendido y apagado, todas las computadoras modernas están diseñadas con base en el sistema de numeración binario. En una computadora digital, la señal digital puede guardarse como un número binario formado por ceros y unos. Cada uno de los dígitos binarios (0 o 1) se conoce como bit. Sin embargo, el bit por sí solo es un número demasiado pequeño para ser considerado como la unidad básica de información. Lo común es agrupar varios bits a fin de formar unidades más grandes y útiles: un grupo de ocho bits forma un byte, y el agrupamiento de varios bytes, una palabra. En general, la palabra puede contener casi cualquier cantidad de bits, desde cuatro hasta 128 o más.

La distinción entre un bit y un byte es algo similar a la que existe entre las letras del alfabeto y una palabra en español. Si bien puede afirmarse que la letra es la unidad más pequeña de escritura, usualmente tiene poco valor por sí misma; el verdadero valor aparece cuando las letras se agrupan para formar palabras.

La exactitud de una computadora digital es la capacidad que tiene para guardar y manipular señales digitales, y la longitud de palabra es una medida de esta exactitud; por ejemplo, un computadora que tiene palabras de ocho bits, como aquellas que trabajan con un microprocesador Intel 8080, puede guardar en su memoria sólo números con ocho bits de exactitud.

De manera similar, todos los registros y el acumulador poseen una longitud de ocho bits, de modo que el almacenamiento temporal puede hacerse sólo con ocho bits de exactitud, a

menos que se utilice aritmética de doble precisión. El Intel 80286 tiene una longitud de palabra de 16 bits, y su precisión y capacidad computacional son mucho mayores que las del 8080. Las señales digitales en una computadora pueden representarse como números de punto fijo o números de punto flotante.

III.5.- Acondicionadores para sensores resistivos.

La flexibilidad en el diseño de los acondicionadores de señal para sensores resistivos de resistencia variable, junto con la abundancia de mecanismos que pueden modificar la resistencia eléctrica de un material, hacen que dicho grupo de sensores sea el más numeroso.

El comportamiento general de un sensor basado en una variación de resistencia x en respuesta a una variable a medir, se puede expresar como $R=R f(x)$, $f(0)=1$.

Para el caso de que la relación sea lineal se tiene $R=R (1+x)$.

El margen de variación de x cambia según el tipo de sensor y, por supuesto, según el margen de variación de la magnitud a medir. A efectos prácticos puede acotarse entre 0 a -1 para el caso de los potenciómetros lineales de cursor deslizante, como margen con valores máximos más altos y 10 a 10 para las galgas extensométricas, como margen con valores máximos más pequeños.

Cualquiera que sea el circuito de medida, hay dos consideraciones con validez general para todos los sensores resistivos. En primer lugar, todos ellos necesitan una alimentación eléctrica para poder obtener una señal de salida, pues la variación de resistencia en sí no genera señal alguna. En segundo lugar, la magnitud de esta alimentación, que influye directamente en la señal de salida, viene limitada por el posible autocalentamiento del sensor, ya que una variación de su temperatura influye también en su resistencia.

Para la medida de resistencias se dispone de diversos métodos, clasificados en métodos de deflexión y métodos de comparación. En los primeros se mide la caída de tensión en bornes de la resistencia a medir, o la corriente a través del circuito, o ambas cosas a la vez. Los segundos se basan en los puentes de medida. El método de deflexión más simple consiste en alimentar al resistor con una fuente de tensión o corriente constantes, y medir la corriente a través del circuito o la caída de tensión en el resistor, tal como se hace en los multímetros analógicos y digitales, respectivamente.

La aplicación de esta técnica a los sensores resistivos viene limitada por el hecho de que el valor máximo del cambio a medir puede ser incluso de sólo el 1%, y ello supone tener que

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

medir cambios de corriente o de tensión muy pequeños, superpuestos a valores estacionarios muy altos (correspondientes a $x = 0$).

Este método se podría aplicar, en principio, cuando x fuera grande (potenciómetros y termistores). Pero los potenciómetros son dispositivos con tres terminales y, por tanto, requieren otro tipo de circuito o unir dos de sus terminales, lo que no siempre es recomendable y, por su parte, los termistores necesitan normalmente linealización.

Este método se utiliza, por ejemplo, cuando se dispone de fuentes de corriente y de algún circuito para eliminar el valor estacionario de la caída de tensión en el sensor.

Dado que siempre es más fácil medir tensiones pequeñas que tener una gran resolución en la medida de tensiones grandes, el método empleado para medir cambios de resistencia pequeños consiste en disponer otro divisor de tensión en paralelo con aquel donde está incorporado el sensor. Si se diseña además de forma que en reposo ambos divisores de la misma tensión, basta medir la diferencia entre las salidas de ambos para obtener una señal debida sólo al cambio en la variable medida. Esta estructura se conoce como puente de Wheatstone.

En este puente si el sensor está lejos, es inevitable la presencia de hilos de conexión largos, que añaden resistencia en serie con el sensor. La forma habitual de obtener una señal eléctrica como resultado de una medida empleando un puente de Wheatstone, es mediante el método de deflexión. En este método en lugar de valorar la acción necesaria para establecer el equilibrio en el puente se mide la diferencia de tensión de ambas ramas o la corriente a través de un detector dispuesto en el brazo central.

En los puentes de galgas semiconductoras se suele poner una resistencia de bajo coeficiente de temperatura en serie con cada conexión entre la fuente de alimentación y el puente. Entonces, dado que la resistencia de las galgas semiconductoras tiene un coeficiente de temperatura positivo, al aumentar la temperatura aumenta también la tensión efectiva aplicada al puente, y de esta forma se compensa la disminución de sensibilidad debida al coeficiente de temperatura negativo del efecto piezorresistivo. Esta solución es común en los sensores de presión integrados. Otra posibilidad es poner simplemente una resistencia en serie con una terminal de alimentación de puente y emplearla como sensor de temperatura.

Otro factor a considerar es la máxima corriente que puede dar la fuente de alimentación. En los generadores de tensión de referencia empleados comúnmente en la conversión A/D o D/A, la corriente máxima de salida no excede de unos 10 a 20mA y la tensión de +10V, por lo que sólo se pueden alimentar directamente puentes de 500 Ω o de mayor resistencia. Si se requiere una tensión y/o corriente mayores debe amplificarse su salida, conservando su estabilidad.

El dispositivo a situar para la detección de la señal de salida de un puente de sensores está en función directa de la finalidad de la medida. Excluyendo los casos de telemedida por tensión, corriente o frecuencia, para los que existen convertidores específicos, el resto de situaciones requieren o bien una presentación analógica inmediata o bien una conversión analógica-digital. En cualquier caso, el detector debe tener una impedancia de entrada adecuada normalmente grande, pues se pretende medir la tensión de salida del puente y una configuración de entrada compatible con las conexiones a tierra presentes en el conjunto alimentación-puente. En concreto, deberá ser diferencial si la alimentación del puente tiene un terminal puesto a masa.

Para una presentación analógica inmediata, la elección más simple es un galvanómetro. Este es intrínsecamente diferencial, y en esto aventaja a cualquier otro detector. Pero su impedancia de entrada es media o baja y, además, es poco robusto para medidas industriales si debe ser a la vez sensible. También es excesivamente lento para medidas dinámicas, aparte de exigir que la alimentación sea continua en el caso general. Estos inconvenientes reducen su presencia en los sistemas de medida, pero son los dispositivos de indicación analógica por excelencia y, de hecho, eran mejor solución cuando aún no se disponía de circuitos integrados.

Un osciloscopio puede ser la alternativa cuando se desea medir una señal dinámica, pues ofrece normalmente, sin sonda, una resistencia de entrada de $1M\Omega$, que puede ser considerada suficientemente grande.

Dado que la mayor parte de los puentes de sensores se alimentan con una fuente de tensión o de corriente que tienen un terminal puesta a tierra, el amplificador conectado a su salida no puede tener ninguno de sus terminales de entrada puesto a tierra.

Aunque no es estrictamente necesario que la alimentación sea continua, en caso de ser alterna hay que tener en cuenta que la resistencia crece proporcionalmente a la raíz cuadrada de la frecuencia por efecto pelicular, y que las inductancias y capacidades parásitas contribuyen a la tensión de salida, perdiéndose por ello la linealidad que el sensor tiene en continua. No es por tanto en general recomendable.

III.6.- Acondicionadores de señal para sensores de reactancia variable.

Para obtener una señal útil a partir de la variación de una capacidad o de una inductancia es necesario, cuando menos, disponer de una fuente de tensión alterna para alimentar el componente y de un medio para detectar las variaciones producidas en respuesta a la magnitud detectada. Si por el objeto de la medida hay que utilizar un convertidor A/D, la señal entregada a la señal de ésta debe ser además continua y con un margen de valores normalizados.

Las situaciones más generales en la medida de magnitudes físicas, desde el punto de vista de la utilización final de los resultados, son: presentación analógica inmediata, Conversión a digital, conversión a una señal de frecuencia variable, telemedida por tensión, y telemedida por corriente.

Por su parte, los sensores de reactancia variable pueden agruparse en los cuatro tipos siguientes: $Co+CoLo+-L$, que serían los sensores capacitivos o inductivos simples: $Lo+-L,Lo$, como en el caso de los detectores de proximidad por corrientes de Foucault donde hay dos bobinas pero sólo cambia una; los diferenciales $Co + C, Co - C, o Lo + L, Lo - L$; y los que ofrecen directamente una tensión alterna modulada en amplitud, como son los LVDT.

Cualquiera que sea el caso, el acondicionamiento de estos sensores debe incluir la señal alterna de excitación. Para los sensores capacitivos, las capacidades que se manejan son, en general, inferiores a 100 pF. Esto obliga a trabajar a frecuencias altas para tener impedancias manejables, pero no se suele pasar de 100 MHz ni de menos de 10 kHz. Al ser la impedancia de salida alta, conviene que los cables de conexión estén apantallados. Pero esto equivale a añadir una capacidad en paralelo con el condensador, a consiguiente pérdida de sensibilidad y deterioro de la linealidad. Si además hay un movimiento relativo entre los conductores del cable y el dieléctrico entre ellos, el error puede ser muy grave. La solución consiste en poner la electrónica cerca, con cables cortos, incluso rígidos, y emplear técnicas de guarda activa o bien transformadores de impedancia.

Cuando la cadena de medida está diseñada de forma que hay que convertir todas las magnitudes medidas en tensiones continuas, las opciones de que se dispone para los sensores que trabajan en alterna son: detectar el valor de pico, medir el valor eficaz y obtener el valor medio después de rectificar. Esta última solución es una de las más frecuentes, pero las dos primeras se pueden realizar empleando un solo circuito integrado.

Vistos el punto de partida, el objetivo final y los condicionantes, una de las soluciones más inmediatas es aplicar la ley de Ohm. Según ésta, un cambio de impedancia se puede detectar viendo el cambio de la corriente a través de ella cuando se la alimenta a tensión alterna constante, o a partir de la variación de la caída de tensión en la impedancia cuando se la alimenta a corriente alterna constante.

III.7.- Acondicionadores de señal para sensores generadores.

Los sensores generadores ofrecen una tensión o una corriente cuya magnitud, frecuencia e impedancia de salida determinan las características requeridas en la etapa de acondicionamiento.

Cuando la tensión o corriente ofrecidas son débiles, hace falta una amplificación, que exige soluciones nuevas a las vistas hasta este momento, por cuanto se trata de señales que no se presentan como la salida de un puente.

Las tensiones manejadas, además de ser muy débiles, son a veces de muy baja frecuencia, hasta el punto de impedir la utilización de amplificadores de alta ganancia acoplados en alterna porque los condensadores necesarios serían desorbitadamente grandes. En los amplificadores de continua, se presenta la problemática de su tensión de desequilibrio, sus corrientes de polarización y de desequilibrio y las derivadas de todas ellas, principalmente con el tiempo y la temperatura. Dado que cuando se desea alta ganancia, los amplificadores de continua se basan en amplificadores operacionales (AO), se analiza en primer lugar la problemática en éstos y sus soluciones.

En otros casos la señal a acondicionar no es débil, pero procede de una fuente de alta impedancia. La consideración de las impedancias parásitas lleva entonces a la necesidad de amplificadores con características singulares o con estructura distinta a la convencional.

Cuando se desea obtener una resolución elevada, aun en el caso de la medida de magnitudes variables a las que no afectan las derivadas en los amplificadores, surge el problema del ruido interno en éstos. Esta es una limitación inherente a todos los dispositivos electrónicos.

En un AO ideal la tensión de salida es nula cuando lo son ambas tensiones de entrada, y las corrientes de entrada son también nulas. En un AO real no sucede ninguna de ambas cosas, y no sólo esto, sino que cuando la tensión de salida es nula, las corrientes de entrada, además de no ser nulas, no son iguales, denominándose a su diferencia corriente de desequilibrio (offset). Esto se debe al desapareamiento de los transistores de entrada (bipolares o de efecto de campo). También por esta causa, para tener una salida nula hay que aplicar una tensión entre las terminales de entrada: tensión de desequilibrio.

El método empleado en los AO monolíticos para obtener una derivada muy baja, consiste en medir periódicamente cuál es la tensión de desequilibrio, para descontarla luego al medir la tensión de interés. Mientras se está procediendo a la medida de la tensión de desequilibrio, un circuito de retención ofrece a la salida la señal de interés.

TEMA IV

*“CARACTERÍSTICAS
DE ALGUNOS
COMPONENTES
SENSORES PARA
EDIFICIOS
INTELIGENTES”*

TEMA IV.-CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS COMPONENTES SENSORES PARA EDIFICIOS INTELIGENTES.

IV.1.- Introducción.

Sensores.- son llamados así a los dispositivos que relacionan a un sistema con el entorno que les rodea. Básicamente un sensor no es más que una parte del conjunto del mecanismo encargado de advertir a los órganos de control de la variación de alguna magnitud física, o enviar información sobre determinadas circunstancias externas.

Los sensores de estado externo pueden clasificarse también como sensores de contacto o no contacto. Como su nombre indica, la primera clase de sensores responde al contacto físico, tal como el tacto, deslizamiento y torsión. Los sensores de no contacto se basan en la respuesta de un detector a las variaciones en la radiación electromagnética o acústica. Los ejemplos más destacados de los sensores de no contacto miden el alcance, la proximidad y las propiedades visuales de un objeto.

El empleo de fuentes de energía adicional a la de la señal de entrada permite realizar una primera clasificación de sensores. Así, existen sensores que realizan la conversión directa de la energía de la señal. Como ejemplo, cabe mencionar las células fotoeléctricas de selenio. Para el funcionamiento básico de estos sensores no se requiere fuente de potencia adicional. Producen salida cero para entrada cero.

Sin embargo, en otros casos, se requiere una modulación con un aporte de energía con fuente diferente de la señal entrada. Este principio es de interés para realizar medidas con señal débil. Como ejemplo, cabe mencionar un puente de galgas extensiométricas. Se necesita hacer pasar corriente por resistencias para producir la salida.

Otra clasificación posible de sensores es según el carácter absoluto o relativo de las medidas que produzcan. Así, cabe distinguir entre los sensores, tales como los potenciómetros, cuya salida es un valor absoluto que representa sin ambigüedad a la señal de entrada, y los sensores incrementales cuya salida sólo indica la magnitud del cambio en la señal de entrada.

Entre las características más significativas para evaluar los sensores se encuentran:

- Linealidad.- la característica entrada/salida es lineal; mientras se mantenga constante.
- Histéresis.- la salida del sensor para una determinada entrada varía dependiendo de que la entrada esté aumentando o disminuyendo.
- Repetibilidad.- es la variabilidad de la salida ante la misma entrada.
- Resolución.- es el cambio más pequeño en la entrada que puede ser detectable a la salida.

- Sensibilidad.- un pequeño cambio en la entrada causa un pequeño cambio en la salida. Normalmente se cuantifica por la relación entre el cambio en la salida dividido por el cambio en la entrada.
- Ruido.- es el nivel de señal espuria en la salida que no corresponde a un cambio en la entrada.

En este punto, conviene tratar el concepto que en la literatura en inglés se conoce como smart sensors. Se trata de sensores que no sólo producen la magnitud que se pretende medir, sino que también incorporan funciones de procesamiento tales como:

- Comunicación bidireccional. La transmisión de la información medida se realiza bajo petición, controlándose funciones locales.
- Autocalibración: Se trata de compensar variaciones de características con el tiempo o con condiciones ambientales.
- Filtrados, reducción de información en general y compensación de no linealidades.
- Fusión multisensorial. Medidas diferentes con diversos sensores y obtención de una estimación en función de todas las medidas.

Para realizar estas funciones se emplean normalmente circuitos electrónicos especializados, microcontroladores y otros componentes electrónicos.

Cabe también mencionar aquí la tecnología de sensores de silicio, que permite integrar sensores en circuitos electrónicos. Se emplean principios físicos tales como el efecto fotoeléctrico para medir la luz, el efecto Hall para medir un campo magnético, o piezorresistencias para medir fuerza o presión. Estos sensores integran normalmente funciones tales como entrada/salida paralela, conversión analógico-digital, microcontroladores, o incluso microcomputadores completos.

Se consiguen con ello beneficios tales como la reducción de tamaño, disminución drástica de conexiones necesarias, mejor relación señal/ruido (evitar transmisiones de pequeña señal por cable), compensaciones internas (no linealidad, derivadas, desplazamiento) mediante circuitos integrados y acondicionamiento de señal: conversión analógico-digital, procesamiento, etc.

Según el aporte de energía, los sensores se pueden dividir en moduladores y generadores. En los sensores moduladores (o activos), la energía de la señal de salida procede en su mayor parte, de una fuente de energía auxiliar. La entrada sólo controla la salida. En los sensores generadores (o pasivos), en cambio, la energía de salida es suministrada por la entrada.

Los sensores moduladores requieren en general de más hilos de conexión que los generadores, ya que la energía de alimentación suele suministrarse mediante hilos distintos a los empleados para la señal. Además, esta presencia de energía auxiliar puede crear un peligro en algunos ambientes. Por el contrario, su sensibilidad se puede, modificar a través de su misma señal de alimentación, lo que no permiten los sensores generadores. La designación del termino activo y pasivo se emplea en algunos textos con significado opuesto al que se ha dado, por lo que aquí no se hará uso de ella para evitar confusiones.

Según el tipo de la señal de salida, los sensores se clasifican en analógicos y digitales. En los analógicos la salida varía, a nivel macroscópico, de forma continua. La información se encuentra en la amplitud, si bien se suelen incluir en este grupo los sensores con salida en el dominio del tiempo. Si es en forma de frecuencia, se denominan, a veces casi digitales, por la facilidad con que se puede convertir una señal analógica en una salida digital.

En los sensores digitales, la salida varía en forma de saltos o pasos discretos. No requieren conversión analógica a digital A/D y la transmisión de su salida es más fácil. Tienen también mayor fidelidad y mayor fiabilidad, y muchas veces mayor exactitud, pero lamentablemente no hay modelos digitales para muchas de las magnitudes físicas de mayor interés.

Atendiendo al modo de funcionamiento, los sensores pueden ser de deflexión o de comparación. En los sensores que funcionan por deflexión, la magnitud medida produce algún efecto físico, que engendra algún efecto similar, pero opuesto, en alguna parte del instrumento, y que está relacionado con alguna variable útil.

Por ejemplo: un dinamómetro para la medida de fuerzas es un sensor de deflexión en el que la fuerza aplicada deforma a uno de sus muelles hasta que la fuerza de recuperación de éste sea proporcional a su longitud para igualar la fuerza aplicada; de esta manera aparece el valor de la fuerza que se está midiendo.

En los sensores que funcionan por comparación, se intenta mantener nula la deflexión de uno de sus brazos mediante la aplicación de un efecto conocido y opuesto al generado por la magnitud a medir. Hay un detector del desequilibrio y un medio para restablecerlo, por ejemplo en una balanza manual se coloca una masa que se desea pesar y provoca un desequilibrio indicado por una aguja sobre una escala. La persona coloca entonces una o varias masas en otro platillo hasta alcanzar el equilibrio, en el brazo de la balanza, la medición se realiza.

Las medidas por comparación suelen ser más exactas porque el efecto conocido opuesto se puede calibrar con un patrón o magnitud de referencia de calidad.

El detector de desequilibrio solo mide alrededor de cero y, por lo tanto puede ser muy sensible y no necesita estar calibrado. Por el contrario, tiene en principio menor respuesta dinámica y, si bien se pueden automatizar mediante un servomecanismo, no se logra normalmente una respuesta tan rápida como en los de deflexión.

Según el tipo de relación entrada-salida, los sensores pueden ser de orden cero, de primer orden, de segundo orden, etc. El orden está relacionado con el número de elementos almacenadores de energía independientes que incluye el sensor, y repercute en su exactitud y velocidad de respuesta. Esta clasificación es de gran importancia cuando el sensor forma parte de un sistema de control en lazo cerrado, lo anterior se encuentra en la tabla

4.1

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Criterio	clases	Ejemplos
Aporte de energía	Moduladores Generadores	Termistor Termopar
Señal de salida	Analógicos Digitales	Potenciómetro Codificador de posición
Modo de operación	De deflexión De comparación	Acelerómetro de deflexión Servoacelerómetro

tabla 4.1.- tipo de criterio.

Cualquiera de estas clasificaciones es exhaustiva, y cada una tiene interés particular para diferentes situaciones de medida. Ahora bien, para el estudio de un gran número de sensores se suele acudir a su clasificación de acuerdo con la magnitud medida. Se habla en consecuencia, de sensores de temperatura, presión, caudal, humedad, posición, velocidad, etc.

Desde el punto de vista de ingeniería electrónica, es más atractiva la clasificación de los sensores de acuerdo con el parámetro variable: resistencia, capacidad, inductancia, añadiendo luego los sensores generadores de tensión, carga o corriente, y otros tipos no incluidos en los anteriores grupos. Si bien este tipo de clasificación es poco frecuente, es el más elegido pues permite reducir el número de grupos a unos pocos y se presta bien al estudio de los acondicionadores de señal asociados. Esto se indica en la tabla 4.2.

Sensores	Posición Distancia Desplazamiento	Velocidad	Aceleración Vibración	Temperatura	Presión	Caudal Flujo	Nivel	Fuerza	Humedad
Resistivos	Potenciómetros Galgas Magnetorresistencias		Galgas	RTD Termistores	Potenciómetros		Potenciómetro	Galgas	Humistor
Capacitivos	Condensador diferencial LVDT	Ley Faraday Efecto Hall	LVDT		Condensador variable LVDT		Condensador variable LVDT	Galgas Capacitivas LVDT	Dieléctrico Variable
Inductivos y Electromagnéticos	Corrientes Foucault Efecto Hall		Piezoeléctricos	Termopares Piroeléctricos Osciladores de cuarzo	Piezoeléctricos Codificador	Vórtices		Piezoeléctricos	SAW
Generadores	Codificadores incrementales y absolutos Fotoeléctricos	Codificadores incrementales		Diodo Transistor Convertidores			Fotoeléctricos		
Digitales									
iones p-n									
Ultrasonidos	Reflexión	Efecto Doppler				Efecto Doppler	Reflexión Absorción		

tabla 4.2.- sensores y métodos de detección ordinarios para las magnitudes más frecuentes.

IV.2.- Sensores primarios.

Los sensores primarios son los dispositivos que permiten obtener una señal transducible a partir de la magnitud física a medir, pueden contemplarse como elementos cuya entrada y salida pertenecen ambas al dominio físico, mientras que los sensores electrónicos operan sobre su salida para hacer el paso al dominio eléctrico.

Entre este tipo de sensores se encuentran los sensores de temperatura: bimetales, sensores de presión, sensores de flujo y de caudal, sensores de nivel, sensores de fuerza y par.

IV.2.1.- Sensores de temperatura.

Sensores de temperatura.- La temperatura es muy importante en muchas de las aplicaciones de control de procesos. A menudo sucede que una determinada reacción sólo puede tener lugar en unas determinadas condiciones de temperatura, o cuando se aplica una determinada cantidad de calor. También puede ocurrir que la eficiencia de algunos procesos se vea afectada por causa de la temperatura a la cual tienen lugar. Los tres sensores de temperatura más utilizados actualmente son el termopar, el termistor y los dispositivos de temperatura resistiva.

Termopar.- a principios de la primera década del siglo pasado, Thomas Seebeck descubrió que en un circuito consistente en dos uniones de metales diferentes se generaba un voltaje. Cuando una de las dos uniones se mantenía a una temperatura constante, la variación del voltaje a lo largo del circuito se volvía una función de la temperatura de la otra unión. Este es el fundamento de este tipo de sensores.

Para la detección de este voltaje son necesarias medidas muy precisas, ya que se trata únicamente de unos pocos milivoltios (mV) por grado centígrado, tal como puede verse en la figura 4.1.

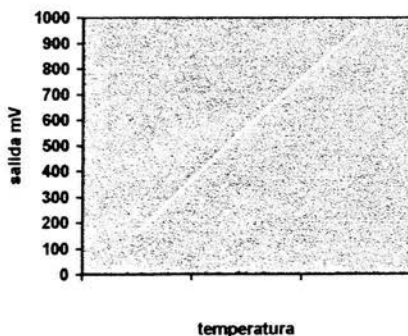


figura 4.1.- voltaje de salida en función de la temperatura

A pesar de esta exigencia, los termopares son probablemente los dispositivos de medida de la temperatura más ampliamente utilizados, dentro de su rango de aplicación, ya que son de por sí bastante precisos, baratos, y pueden acoplarse con facilidad a otros equipos de control, a través de los amplificadores de señal adecuados.

Los termopares pueden utilizarse a lo largo de un rango de temperaturas que se extiende desde -250 grados centígrados (°C) hasta unos 2000 °C. Diferentes combinaciones de metales cubren porciones distintas de este rango. En teoría, el límite superior está fijado únicamente por el punto de fusión de los materiales; pero en la práctica este límite queda muy por debajo de estas temperaturas, a causa de problemas tales como la fragilidad y la oxidación.

En la figura 4.1 puede verse representada la salida eléctrica (en milivoltios) de un tipo de termopar, en función de la temperatura, para el rango comprendido entre 0 °C y 1000 °C (1 mV corresponde a 0.001 voltios). Para este termopar en especial, se sabe que su tensión de salida es lineal respecto de la temperatura, y que varía 0.04 mV por cada grado que lo hace la temperatura, correspondiendo los 0.0 mV a una temperatura de 0 °C. Esta relación quedaría almacenada en forma de tabla en la memoria de un controlador electrónico. En la misma memoria se puede almacenar un programa para que pueda calcular la temperatura cuando fuese necesario. Por ejemplo, si el controlador recibiese una señal eléctrica de 32 mV, calcularía la temperatura correspondiente siguiendo una secuencia de pasos que le conducirían a la resolución de la siguiente ecuación:

$$\text{Temp. } ^\circ\text{C} = \frac{\text{mV de entrada}}{0.04\text{mV}^\circ\text{C}} \frac{32}{1} = 0.04 = 800^\circ\text{C}$$

Termistor .-un termistor está hecho de materiales semiconductores, tales como óxidos de níquel o de cobalto, que sufren cambios predecibles y repetidos en su resistencia cuando varía la temperatura. A medida que el material se calienta, un número mayor de electrones rompe el enlace covalente, y esto hace que se reduzca la resistencia del material. En algunos casos, la variación que sufre la resistencia puede alcanzar el 5 y hasta el 10 por 100 por grado centígrado, que para un elemento de resistencia de 10 000 ohmios supone un cambio de entre 500 y 1000 ohmios. Debido a esta sensibilidad, es posible realizar medidas con una precisión de hasta 0.05 °C, o incluso mejores, si se usan circuitos más sensibles. Puede utilizarse un termistor para realizar mediciones que alcancen hasta los 1000 °e, si se utilizan encapsulamientos especiales sin soldaduras; de todas formas, la sensibilidad relativa disminuye cuando aumenta la temperatura, como puede verse por la tendencia de la curva a hacerse horizontal.

Puesto que la salida consiste en una resistencia que varía de forma exponencial, es necesario convertirla en una tensión o en una corriente variables, a fin de que pueda ser utilizada por el controlador. Una forma sencilla de llevar esto a cabo es hacer que el termistor actúe como parte de un divisor de tensión. La caída de tensión a través del termistor varía a medida que lo hace su resistencia. Este voltaje se utiliza para alimentar a un conversor A/D, que lo transforma en un código digital utilizable por el controlador.

Debe tenerse cuidado de asegurarse de que la corriente que atraviesa el termistor no sea tan intensa como para ocasionar un recalentamiento del mismo. En este caso el termistor generaría un calor que no sería capaz de disipar por sí mismo.

Los termistores se utilizan cuando el rango de temperaturas que desea abarcarse es muy pequeño, pero se requiere una gran resolución. La desventaja del termistor cuando se aplica al control industrial es que su salida no varía de forma lineal respecto de la temperatura; así pues, es posible que sea necesario algún tipo de acondicionamiento de la señal. Sus ventajas son principalmente que resultan baratos y que son de reducidas dimensiones.

RTD.- los dispositivos de temperatura resistiva (RTD) funcionan basándose en el principio de que la resistividad del metal varía cuando éste se calienta. Su resistividad varía de forma lineal con la temperatura.

Uno de los principales problemas que presenta el termistor es que el valor de su resistencia se modifica cuando el dispositivo envejece, y debe ser de nuevo calibrada a fin de mantener la precisión del mismo. Un dispositivo de temperatura resistiva (RTD) no plantea este problema. Su funcionamiento se basa en el hecho de que el metal, cuando se calienta, experimenta una variación en su resistencia. Esta variación se denomina coeficiente de temperatura de la resistencia. El RTD consiste en un metal sin impurezas, que tiene un coeficiente de temperatura constante y, por consiguiente, predecible. Los materiales que se utilizan más habitualmente son el níquel, el cobre y el platino; este último se utiliza más, debido a que es fácil de obtener en forma pura, se oxida con dificultad y tiene un coeficiente de temperatura razonablemente elevado.

Por otra parte, el cobre es el que menos interesa, ya que se oxida fácilmente, tiene un punto de fusión bajo y un coeficiente de temperatura más bajo aún.

La variación de la resistencia se utiliza como entrada al controlador, sin embargo, la resistencia del RTD varía de forma lineal con la temperatura, de forma que su salida puede conectarse directamente al conversor A/D.

IV.2.2.-Sensores de presión.

Suele ser habitual en el control de procesos la necesidad de medir la presión. Para realizar estas medidas se dispone de diversos dispositivos, pero nos limitaremos a discutir los tres que se utilizan más habitualmente. Ninguno de los sensores de presión que vamos a analizar proporcionan directamente una señal de tipo eléctrico, por lo que debe utilizarse algún método de conversión.

Barómetro anerode.- un barómetro anerode está formado por una cámara hecha de material rígido excepto por uno de sus extremos, que consiste en una lámina flexible muy fina. Se extrae el aire de la cámara y a continuación se sella. Esta lámina, denominada diafragma, se deforma según la presión que se ejerza sobre ella. A fin de poder ser utilizable por un sistema de control, es necesario algún medio para convertir esta deformación en una señal eléctrica. Un método de realizar esto podría ser conectar de forma mecánica el diafragma con el eje de un potenciómetro a través del cual pasa una corriente, con el fin de producir una caída de tensión. Cuando el diafragma se deforma como consecuencia de un cambio de presión, mueve el eje y hace que varíe la tensión de salida.

Sensor de presión capacitivo.-este sensor está formado por dos placas situadas una a cada lado de una cámara de vacío. Los cambios de presión hacen que las placas se deformen, y que varíe la capacitancia. Estas placas están aisladas de la cámara por un material dieléctrico no conductor. A medida que las placas se deforman por efecto de las variaciones en la presión, también lo hace la capacitancia del condensador, debido a que varía la distancia entre aquéllas. Es posible medir la capacitancia enviando al sensor una señal de amplitud y frecuencia conocidas. A medida que la capacitancia varía, también lo hace, de forma proporcional, el voltaje de salida. Si hacemos pasar éste por un demodulador y un detector de fase, podemos obtener una tensión de salida proporcional a la presión.

Sensor de presión por medición de torsión de estado sólido.- tanto el barómetro anerode como los sensores de presión capacitivos son dispositivos de difícil fabricación. Los sensores fabricados mediante tecnología de semiconductores, además de tener un tamaño más reducido, proporcionan una mayor fiabilidad a un menor coste. Este sensor consta asimismo de una cámara de vacío, pero, en lugar de hacer uso de un potenciómetro, utiliza una piezorresistencia. La piezorresistencia está fabricada de un material cuya resistencia varía cuando el material se ve sometido a una fuerza de torsión variable. La piezorresistencia está situada directamente sobre la lámina flexible que cubre una de las superficies de la cámara de vacío, de modo que no es necesaria conexión de tipo mecánico alguna. Así pues, se obtiene una salida con resistencia variable, sin necesidad de dispositivo mecánico de ninguna clase. Mediante un amplificador integrado, que puede ir montado con la piezorresistencia formando un único dispositivo, puede amplificarse la caída de tensión en la misma.

IV.2.3.- Sensores de flujo.

Sensores de flujo.-muchos procesos requieren que se conozca el valor del flujo de un material, habitualmente de un líquido o de un gas. Existen dos métodos para medir el flujo. Uno de ellos está basado en el principio de Bernoulli. mientras que el otro utiliza una turbina.

Venturi.- uno de los métodos para supervisar el flujo es la utilización de un venturi. Un venturi es una tubería con un estrangulamiento, cuyo funcionamiento está basado en el principio de Bernoulli. Este principio afirma que la presión, la velocidad y la energía cinética encerradas en el interior de cualquier sistema cerrado permanecen constantes en cualquier punto del mismo. Así pues, la cantidad de material que fluye a través de cualquier sección del conducto, en un tiempo dado, es una constante. Puesto que la velocidad en el estrangulamiento deberá ser mayor, a fin de que pase la misma cantidad de material, y según el principio de Bernoulli, la presión deberá ser inferior. Se deduce entonces que la diferencia entre la presión en el estrangulamiento y la presión en un punto cualquiera situado contra corriente es proporcional a la velocidad del material. Además, puesto que se conocen los diámetros tanto del conducto como del estrangulamiento, es posible determinar la masa de material que está fluyendo. Si colocamos sensores de presión en los dos puntos de que hemos hablado, entonces el controlador es capaz de calcular tanto la masa de material que atraviesa el conducto como el ritmo al que lo hace.

Turbina.- otro método capaz de proporcionar una medida del flujo consiste en el uso de una turbina. En este caso, se sitúa un rotor en el interior del conducto por el cual pasa el material. El eje de la turbina, que llega hasta el exterior del conducto, mueve un generador que proporciona una tensión de salida proporcional a la velocidad. Puesto que se conoce cuál es la tensión de salida, en función de la velocidad del generador de turbina y de la sección transversal del conducto, es posible determinar el flujo.

Un problema común a todos los tipos de medidores de flujo suele ser el hecho de que la precisión de los mismos depende habitualmente de un cierto número de variables que es posible que no sean conocidas. Debe tenerse la precaución de asegurarse de que tanto el rango como la linealidad estén correctamente calibrados para la aplicación específica en que se va a utilizar el medidor.

IV.2.4.- Sensores de fuerza y par.

Suelen emplearse galgas extensiométricas en las cuales se relacionan también las deformaciones producidas por la aplicación de fuerzas con las variaciones de resistencia eléctrica. En particular, se emplea el efecto piezorresistivo.

Otro tipo de galgas extensiométricas son las de semiconductor. En ellas se emplea silicio o germanio dopados. En estas galgas la variación de la resistividad con la longitud es 100 veces mayor que en las variaciones de temperatura.

Las galgas extensiométricas se emplean también en sensores para medida de fuerzas y pares. De este tipo son los sensores de muñequera para los robots manipuladores, en estos sensores existe un anillo externo acoplado al brazo y un anillo interno acoplado a la pinza. Suelen montarse cuatro galgas extensiométricas, una en cada radio. Existen también versiones miniaturizadas para medida de fuerzas y pares en un dedo.

Un método para medir fuerza (o un par de fuerzas) consiste en compararla con otra conocida con exactitud, como se hace en las balanzas. Otro método consiste en medir el efecto de la fuerza sobre un elemento elástico, denominado célula de carga. En las células de carga eléctricas el efecto es una deformación o desplazamiento. En las células de carga hidráulicas y neumáticas, el efecto es un aumento de la presión de un líquido o un gas, respectivamente.

IV.3.- Sensores resistivos.

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

Para la clasificación de los diversos sensores de esta clase se toma como criterio el tipo de magnitud física medida, el orden seguido es el de variables mecánicas, térmicas, magnéticas, ópticas y químicas.

Las galgas extensiométricas se basan en la variación de la resistencia de un condensador o un semiconductor cuando es sometido a un esfuerzo mecánico

IV.4.- Sensores de reactancia variable y electromagnéticos.

Los sensores basados en un cambio de inductancia debido a la presencia de un objeto metálico están entre los sensores de proximidad industriales de más frecuente uso.

Puesto que el sensor requiere movimiento para generar una forma de onda de salida, un método para producir una señal binaria es integrar esta forma de onda. La salida binaria se mantiene a nivel bajo en tanto que el valor integral permanezca por debajo de un umbral especificado, y luego se conmuta a nivel alto cuando se supera el umbral.

La variación de la resistencia de un componente o circuito ofrece alternativas de medida a las disponibles en sensores resistivos. Muchas de ellas no requieren contacto físico con el sistema donde se va a medir, o bien tienen un efecto de carga mínima. En concreto, ofrecen soluciones mejores para las medidas de desplazamiento lineales y angulares, en el caso de tratar con materiales ferromagnéticos, y para la medida de la humedad.

En este tipo de sensores la falta de linealidad intrínseca en alguno de los principios de medida empleados se supera mediante el uso de sensores diferenciales. Tienen en cambio una limitación en la máxima frecuencia de variación admisible en la variable medida, pues debe ser inferior a la frecuencia de la tensión de alimentación empleada, necesariamente alterna. Algunos sensores electromagnéticos son de hecho generadores pero tienen gran similitud entre su señal de salida y la obtenida con algunos de los sensores de reactancia variable.

Los sensores inductivos permiten medir otras magnitudes si un sensor primario apropiado las convierte en un desplazamiento. Este es el caso del sensor de presión, donde el diafragma es ferromagnético. De no serlo, se puede medir el desplazamiento del punto central. También se podría detectar el desplazamiento del extremo libre de un tubo Bourdon. Los diafragmas ferromagnéticos permiten medir presiones variables de alta frecuencia, porque se pueden poner directamente en contacto con el fluido. En otros diafragmas, en cambio, hay que transmitir la presión desde un diafragma de acero externo hasta el diafragma interno. A diferencia de los diafragmas con galgas, aquí no hay cables de conexión con el diafragma, por lo que el sensor es más robusto.

Los sensores inductivos también permiten medir otras magnitudes si un sensor primario apropiado las convierte en un desplazamiento. Este es el caso del sensor de presión donde el diafragma es ferromagnético. De no serlo se puede medir el desplazamiento del punto central. También se podría detectar el desplazamiento del extremo libre de un tubo Bourdon. Los diafragmas ferromagnéticos permiten medir presiones variables de alta frecuencia, porque se pueden poner directamente en contacto con el fluido. En otros diafragmas, en cambio, hay que transmitir la presión desde un diafragma de acero externo hasta el diafragma interno. A diferencia de los diafragmas con galgas, aquí no hay cables de conexión con el diafragma, por lo que el sensor es más robusto.

Sensores de efecto Hall.-se recordará por la física elemental que el efecto Hall relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través del material. Cuando se utilizan por si mismos, los sensores de efecto Hall sólo pueden detectar objetos magnetizados. Sin embargo, cuando se emplean en conjunción con un imán permanente en una configuración tal como la indicada en la figura, son capaces de detectar todos los materiales ferromagnéticos. Cuando se utilizan de esta manera, un dispositivo de efecto Hall detecta un campo magnético intenso en la ausencia de un metal ferromagnético en el campo cercano (fig. 4.2). Cuando dicho material se lleva a la proximidad del dispositivo, el campo magnético se debilita en el sensor debido a la curvatura de las líneas del campo a través del material, tal como se indica en la (figura 4.2).

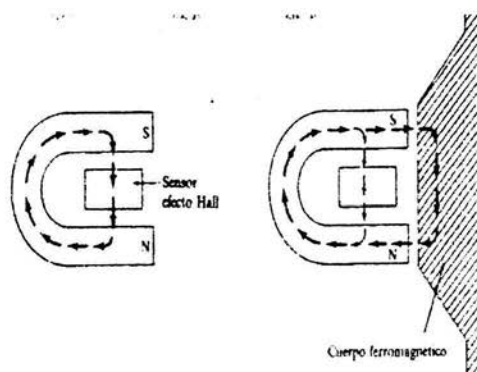


figura 4.2.- funcionamiento de un sensor de efecto Hall en conjunto con un imán permanente

Los sensores de efecto Hall están basados en el principio de una fuerza de Lorentz que actúa sobre una partícula cargada que se desplaza a través de un campo magnético. Esta fuerza actúa sobre un eje perpendicular al plano establecido por la dirección de movimiento de la partícula cargada y la dirección del campo. Es decir, la fuerza de Lorentz viene dada por $F = q(v \times B)$, en donde q es la carga, v es el vector velocidad, B es el vector del campo magnético y \times es el signo indicativo del producto vectorial.

IV.5.- Sensores digitales.

La creciente presencia de sistemas digitales para el tratamiento y presentación de la información en los sistemas de medida y control, hace muy atractivos aquellos sensores que ofrecen directamente a su salida una señal en forma digital, por la simplificación que suponen en el acondicionamiento de señales y su mayor inmunidad a las interferencias electromagnéticas en determinados casos.

Se distinguen dos tipos de sensores digitales. Los primeros ofrecen directamente una señal digital a partir de una entrada analógica; este grupo lo forman los codificadores de posición. El segundo tipo es el de los sensores que se basan en un fenómeno físico de tipo oscilatorio, transducido posteriormente por un sensor modulador convencional. Los sensores de este grupo se denominan autorresonantes, de frecuencia variable, o casi digitales, y necesitan un circuito electrónico posterior llamado contador para ofrecer la señal digital deseada. Se diferencian de los osciladores variables en que estos últimos incorporan un sensor modulador en un oscilador, mientras ahora se trata de un oscilador no electrónico del que se mide una de las variables mediante un sensor modulador.

Una excepción son los termómetros digitales de cuarzo, que emplean un sensor generador es de destacar que no hay prácticamente ningún fenómeno cuya transducción dé directamente una salida digital. Lo que se hace propiamente es convenir una magnitud analógica de entrada en una señal digital por medio de un sensor, sin necesidad de convenir una tensión analógica en su equivalente digital.

La medida de posiciones lineales y angulares ha sido hasta el momento el único campo con abundantes desarrollos comerciales de sensores con salida digital, incluso antes de la era de los microprocesadores.

Los sensores basados en un fenómeno físico resonante ofrecen una frecuencia de salida que depende de una magnitud de interés que afecta a la frecuencia de oscilación.

IV.6.- Sensores inteligentes.

En la evolución de los sistemas de medida ha habido dos tendencias iniciales en los extremos opuestos de la cadena de medida que han tenido un efecto sinérgico. Por una parte, de los grandes ordenadores centrales se pasó los miniordenadores, a los microordenadores y al omnipresente ordenador personal (PC). En el control de procesos se ha pasado, en consecuencia, desde el control centralizado al control distribuido. Por otra parte, el avance en el conocimiento del silicio y otros semiconductores, y en las tecnologías de fabricación de microcircuitos, ha permitido integrar cada vez mas funciones en una misma oblea o en microcircuitos con un soporte común. Esto ha llevado a sensores que realizan funciones adicionales a la mera obtención de una señal a partir de una magnitud física, y así facilitan el control distribuido. Estos sensores se denominan, genericamente, sensores inteligentes. El procesador digital conectado a varios de ellos combina sus salidas para obtener la información o respuesta deseada, ampliando las posibilidades de realizar medidas indirectas.

El motor de todos estos cambios ha sido en gran parte el microprocesador (μP). Los μP avanzados, con velocidad creciente año tras año, los μP especializados para procesamiento de señales Digital Signal Processors (DSP) y para control e interfaz con señales analógicas llamados microcontroladores (μC), son el núcleo de los sistemas de medida actuales. La evolución de los sensores y acondicionadores de señal no es ajena en absoluto a todos estos cambios. La tendencia clara es hacia sensores con salida digital o casi digital. y dado que hay pocos sensores de este tipo. la digitalización inmediata, mediante un μC es la siguiente opción a tener en cuenta. Para sacar provecho del bajo costo de los μC . lo mejor es a veces emplear una interfaz directa sensor- μC , es decir, sin convertidor A/D (CAD). Por ello conviene considerar la digitalización basada en un contador digital, que en el caso de sensores moduladores implica utilizar un oscilador variable como acondicionador de señal

En último término, la tendencia es hacia instrumentación de medida y control donde la información comunicada sea digital. Actualmente ya existen sistemas con comunicación simultánea analógica (4-20 mA) y digital, pero ta mayoría de los sistemas actuales se basan en el bucle de 4-20 mA.

Un sensor inteligente es aquel que combina la función de detección y algunas de las funciones de procesamiento de la señal y comunicación. Dado que estas funciones adicionales suele realizarlas un μP , cualquier combinación de sensores y μP se denomina a veces sensor inteligente. Aunque no tiene por qué ser un elemento monolítico, se entiende que un sensor inteligente está basado en elementos miniaturizados, y con un encapsulado común.

El nivel de complejidad de un sensor inteligente puede ser muy variado. Además de la detección o transducción puede incluir: acondicionamiento de señal, correcciones de cero, ganancia y linealidad, compensación ambiental (temperatura, humedad), escalado y

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

conversión de unidades, comunicación (bidireccional) digital, autodiagnóstico, decisión e incluso activación o acción sobre el sistema donde se conecta. Así pues, los sensores inteligentes incluyen, además del sensor primario, cuando menos algún algoritmo de control, memoria y capacidad de comunicación digital.

El primer sensor inteligente fue un transmisor de presión introducido por Honeywell en 1983. Consistía en dos sensores de presión (diferencial y estática) y uno de temperatura (para compensación), que se multiplexaban hacia un CAD y un μP . Este procesaba las señales y su salida se convertía de nuevo en analógica con un convertidor D/A para comunicarse con un bucle de 4-20 mA.

La repercusión inmediata de los sensores inteligentes en un sistema de medida y control es que reducen la carga sobre controladores lógicos programables(PLC). PC u otros controladores digitales, aparte de aumentar la fiabilidad del sensor. Ahora bien, dado que por una parte, como sensores que son, detectan magnitudes que percibimos con nuestros sentidos y, por otra parte, realizan tareas que antaño realizaba exclusivamente un operador humano, se les ha añadido el calificativo de inteligentes. Más aún, los sistemas de medida que combinan varios sensores para realizar funciones complejas como el reconocimiento de patrones y la extracción de características, que tradicionalmente han sido realizadas por seres humanos, se denominan también sistemas inteligentes.

Conclusiones.

Esta tesis nos muestra la importancia y el enorme surgimiento que tiene hoy en día la construcción de edificios inteligentes, los cuales son capaces de ahorrar energía, así como la reducción de altos costos de operación y mantenimiento.

Como concepto personal, considero un edificio inteligente a aquél cuya regularización, supervisión y control del conjunto de las instalaciones eléctricas, de seguridad, informática y transporte, entre otras, se realizan en forma integrada y automatizada, con la finalidad de lograr una mayor eficacia operativa, y al mismo tiempo, un mayor confort y seguridad para el usuario, al satisfacer sus requerimientos presentes y futuros.

Por lo anterior se entiende como edificio inteligente a un inmueble capaz de pensar; en la actualidad se ha conseguido dotar a estas edificaciones de sistemas de control central que dan la capacidad de administrar energía, automatizar actividades, eficientar telecomunicaciones y controlar la seguridad de ocupantes e instalaciones entre otros.

Dentro del concepto de edificio inteligente se deriva la palabra domótica la cual significa "hogar inteligente".

Para la realización de un edificio inteligente se necesitan varios componentes entre los que destacan los sensores, los cuales son simplemente dispositivos que proporcionan una salida utilizable en respuesta a una magnitud física que se desea medir, por lo cual se dividen de acuerdo a la magnitud que se desea medir. Un sensor se diseña usualmente para medir una magnitud específica y responder únicamente a esta magnitud.

Los sensores pueden ser digitales, de presión, de temperatura, inteligentes, nucleares, etc.

Para entender mejor el concepto de sensor se tuvo que mencionar a las señales así como su conversión analógica-digital y digital-analógica.

Muchos de los procesos que se deben controlar de modo real contienen elementos analógicos, por tanto la mayor parte de los sistemas de control denominados digitales por lo general contienen señales analógicas y digitales.

El termino analógico significa todo aquel proceso entrada/salida cuyos valores son continuos; algo continuo es todo aquello que puede tomar una infinidad de valores dentro de un cierto intervalo de tiempo.

El termino digital de la misma manera involucra valores de entrada/salida discretos; algo discreto es algo que puede tomar solamente valores fijos que son el 1 y 0 lógicos.

Entre las características más significativas para evaluar los sensores se encuentran:

- a).- linealidad: la característica entrada/salida es lineal mientras se mantenga constante.
- b).- histéresis.- la salida del sensor para una determinada entrada varía dependiendo de que la entrada esté aumentando o disminuyendo.
- c).- repetibilidad.- es la variación de la salida entre la misma entrada.
- d).- resolución.- es el cambio más pequeño en la entrada que puede ser detectable a la salida.
- e).- sensibilidad.- es un pequeño cambio en la entrada causa un pequeño cambio en la salida.

BIBLIOGRAFIA

Sensores y acondicionadores de señal.

3ª edición (2001)

Ramón Payas Areny

Editorial Alfaomega Marcombo.

Sensores y analizadores.

Colección electrónica e informática (1984)

Harry N. Norton

Editorial Gustavo Gili, S.A.

Robótica: manipuladores y robots móviles.

1ª edición (2001)

Anibal Ollero Baturone

Editorial Alfaomega Marcombo

Robótica: control, detección, visión e inteligencia.

Edición mexicana (1990)

K.S. Fu / R.C. González / C.S.G. Lee

Editorial Mc Graw-Hill

A fondo: robótica y sistemas automáticos.

Neil M. Schmitt / Robert F. Farwell.

Ediciones Anaya Multimedia S.A.

Sistemas de control digital.

1ª edición (1997)

Benjamín C. Kuo.

Compañía Editorial Continental S.A. de C.V.

Sistemas modernos de control.

2ª edición (1989)

Richard C. Dorf

Addison-Wesley Iberoamericana.

Sistemas de control digital (análisis y diseño).

Colección ciencia electrónica (1987)

Charles L. Phillips / H. Troy Nagle Jr.

Ediciones G. Gili S.A. de C.V.

APLICACIÓN DE SENSORES EN EDIFICIOS INTELIGENTES

Sistemas digitales.

Ronald J. Tocci

Prentice-Hall

Fundamentos de sistemas digitales.

T.L. Floyd

Prentice-Hall

Paginas en internet:

<http://www.domotica.net>

<http://www.elhogarinteligente.8m.com>

<http://www.honeywell.com>

<http://www.x-tend.com>

<http://www.domodesk.com>