

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

RESIDENCIA PROFESIONAL



Especialidad:

Ingeniería Electrónica

*Medidor digital de corriente eléctrica
de una casa habitación.*

Asesor:

Dr. Jorge Luis Camas Anzueto

Revisor:

M.C. Jesús Alfredo Espinosa Calvo

Residente:

Flores Morales Marcos Iván

No. Control: 04270263

9º Semestre

Lugar y Fecha de entrega:

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a 12 de Diciembre de 2008.

INDICE

INTRODUCCION	3
JUSTIFICACION	4
OBJETIVOS	5
CARACTERIZACION DEL AREA EN QUE PARTICIPÓ	6
PROBLEMAS A RESOLVER	14
ALCANCES Y LIMITACIONES	14
FUNDAMENTO TEORICO	15
PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS	51
RESULTADOS, PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES	63

INTRODUCCION

En la actualidad el ser humano ha comenzado a digitalizar su entorno, y esta actividad es cada vez mayor. ¿Qué significa digitalizar? Digitalizar es traducir información como textos, imágenes o sonidos, a un formato que puedan entender los microprocesadores, y éstos sólo están capacitados para manejar los valores unos y ceros.

Por lo que es necesario establecer sistemas de control e instrumentación que vayan a la par de la tecnología que se demanda hoy en día, es por lo anterior que en esta residencia profesional se realizara un prototipo de un medidor digital de corriente eléctrica de una casa habitación el cual nos permitirá conocer el consumo en Kilowatts-hora de dicha casa, así como la cuota a cubrir, siendo visualizado de forma digital en una pantalla LCD.

Se trataran temas como el funcionamiento del medidor convencional, controladores programables, instrumentación electrónica y vía software.

JUSTIFICACION

En los medidores que hoy en día tiene Comisión Federal de Electricidad (CFE) en una casa habitación, no es fácil tomar una lectura adecuada si la persona no tiene conocimiento de cómo funciona dicho medidor, y con ello, el propietario no tiene el control de cuanta corriente eléctrica consume mensualmente ni el costo de la misma. Por ello, la demanda de corriente eléctrica en una casa no se visualiza de manera controlada y el consumo de corriente eléctrica no se aprovecha al máximo. Debido e esto, surge la idea de desarrollar un dispositivo que mida el consumo de corriente eléctrica y que la lectura sea presentada de forma digital para que cualquier persona que habite una casa habitación tenga la facilidad de leer su consumo en KW-HR y el pago que se debe de hacer en ese momento.

Cabe mencionar que se tendrá la cuantificación del consumo total de corriente eléctrica de la casa, así como, también el consumo de los dispositivos eléctricos y electrónicos más comunes. Con ello, se pretende que la persona que habite dicha casa, tenga conciencia de no consumir energía eléctrica de manera inadecuada y estar

consciente del pago que debe de hacer ante CFE. Haciendo aclaración que este proyecto no tiene relación alguna con CFE para su beneficio y desguindamos cualquier nexo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un medidor digital de corriente eléctrica de una casa habitación en función de su consumo en KW-HR que sea manejable y entendible para cualquier usuario.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Diseñar un circuito que detecte una corriente eléctrica en función del tiempo de consumo.
2. Cuantificar la corriente eléctrica en Kilowatt-Hora (KW-HR) en función de cada dispositivo eléctrico o electrónico.
3. Desarrollar un sistema de procesamiento de datos de entrada.
4. Elaborar un contador utilizando luz como medio de información.
5. Diseñar un sistema de control externo para visualizar la información de interés.

CARACTERIZACION DEL AREA DONDE PARTICIPÓ

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, en el Área de Ingeniería Electrónica.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS QUE SE MANEJAN EN LA EMPRESA

Servicio educativo, en las carreras de Ing. Electrónica, Ing. Eléctrica, Ing. Mecánica, Ing. Sistemas computacionales, Ing. Química, Ing. Bioquímica, Ing. Industrial e informática.

Misión:

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión:

Ser una Institución de excelencia en la educación superior tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Valores:

El ser humano

El espíritu de servicio

El liderazgo

El trabajo en equipo

La calidad

El alto desempeño

Historia

En la década de los 70's, se incorpora el estado de Chiapas al movimiento educativo nacional extensión educativa, por intervención del Gobierno del Estado de Chiapas ante la federación.

Esta gestión dio origen a la creación del Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG) hoy Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

El día 23 de agosto de 1971 el Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, colocó la primera piedra de lo que muy pronto sería el Centro Educativo de nivel medio superior más importante de la entidad.

El día 22 de octubre de 1972, con una infraestructura de 2 edificios con 8 aulas, 2 laboratorios y un edificio para talleres abre sus puertas el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con las carreras de Técnico en Máquinas de Combustión Interna, Electricidad, Laboratorista Químico y Máquinas y Herramientas.

En el año 1974 dio inicio la modalidad en el nivel superior, ofreciendo las carreras de Ingeniería Industrial en Producción y Bioquímica en Productos Naturales. En 1980 se amplió la oferta educativa al incorporarse las carreras de Ingeniería Industrial Eléctrica e Ingeniería Industrial Química.

En 1987 se abre la carrera de Ingeniería en Electrónica y se liquidan en 1989 las carreras del sistema abierto del nivel medio superior y en el nivel superior se reorientó la oferta en la carrera de Ingeniería Industrial Eléctrica y se inicia también Ingeniería Mecánica. En 1991 surge la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Desde 1997 el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ofrece la Especialización en Ingeniería Ambiental como primer programa de postgrado. En 1998 se estableció el programa interinstitucional de postgrado con la Universidad Autónoma de Chiapas para impartir en el Instituto Tecnológico la Maestría en Biotecnología.

En el año 1999 se inició el programa de Maestría en Administración como respuesta a la demanda del sector industrial y de servicios de la región.

A partir de 2000 se abrió también la Especialización en Biotecnología Vegetal y un año después dio inicio el programa de Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y la Licenciatura en Informática.

Escudo TEC

En 1974 se desempeñaba como director del Instituto Ricardo Ramírez Vidal, quien vio la necesidad de que se adoptara un escudo que identificara a la institución y que permitiera constituirse en el emblema que todos los miembros de la comunidad tecnológica portaran con orgullo.

Fue lanzada la convocatoria en la que se invitó a alumnos, maestros y trabajadores de apoyo para que presentaran diseños que serían evaluados para seleccionar al más representativo, fue el alumno de la carrera de Técnicos en Maquinas de Combustión Interna, Boanerges de León Nucamendi, quien ganó el concurso de entre 15 proyectos.

Dicho escudo está constituido por un matraz en la parte central que representa a las Ciencias Químicas, a los lados lo apuntalan dos rayos que representan a la Física que involucran a las áreas Electricidad y Electrónica; el matraz

está soportado por la mitad de un cojinete con 13 bolas que representan las áreas relacionadas con la Mecánica.

También representa a los elementos que constituyen la base de la educación tecnológica y soportan adecuadamente al desarrollo regional.

En el interior del matraz se encuentra un libro abierto que representan el conocimiento y que es destilado para que se derrame en la sociedad, dentro del libro se encuentra un sombrero de Chamula cruzado por una flecha lacandona, estos elementos representan la riqueza étnica del estado de Chiapas.

Alrededor y en forma de arco se encuentran encerrado al complejo los rótulos "Tecnológico" en la parte superior y "Tuxtla Gutiérrez" en la parte inferior; es necesario aclarar que en el centro del libro estaba inscrito el número 27, éste correspondía al consecutivo que se asignó a la institución en su fundación, pero fue retirado cuando el Instituto dejó de ser regional.

Se encuentran incluidos los colores representativos del Instituto Tecnológico: el rojo en los rayos, el azul en los rótulos y el blanco en el fondo (figura 1).



Figura. 1 Escudo TEC.

Objetivo General de la Carrera de Electrónica:

Formar profesionistas en Ingeniería Electrónica con capacidad creativa, emprendedora, de análisis y liderazgo, que realicen actividades de diseño, innovación, adaptación y transferencia de tecnología para resolver problemas en forma competitiva y atender las necesidades de su entorno con una conciencia social y un compromiso con el desarrollo sustentable.

Perfil Profesional de la Carrera de Electrónica:

- ✓ Diseñar, analizar, adaptar, operar y construir sistemas analógicos y digitales.
- ✓ Crear, innovar, adaptar y transferir tecnología en el ámbito de ingeniería electrónica mediante la aplicación de métodos y procedimientos, tomando en cuenta el desarrollo sustentable de su entorno.

- ✓ Planear, organizar, dirigir y controlar actividades de instalación, operación y mantenimiento de sistemas y equipo electrónico.
- ✓ Desarrollar, dirigir y participar en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico en el área de ingeniería electrónica
- ✓ Ejercer actitudes emprendedoras, de liderazgo y desarrollar habilidades para la toma de decisiones en su ámbito profesional.
- ✓ Utilizar la tecnología de la información y comunicación.

Campo de Acción:

El Ingeniero Electrónico es un profesional que puede incorporarse tanto a instituciones públicas como privadas, tanto en empresas que manejen tecnología de punta en este campo, como en aquellas cuyo nivel tecnológico sea incipiente; asimismo, puede desempeñarse en distintas áreas de aplicación de la electrónica, ya sea en empresas pequeñas, en medianas o en grandes.

Duración de la Carrera

La duración prevista para estudiar la carrera es de 9 semestres pudiendo el alumno adelantar asignaturas después

del primero y concluir el plan de estudios en menos tiempo dependiendo de la carga académica cursada en cada periodo, no debiendo, por otro lado, excederse de los doce semestres.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES QUE SE REALIZAN EN EL ÁREA DONDE SE DESARROLLARÁ EL PROYECTO

- ✓ Dirigir y participar en equipos de trabajo interdisciplinario y multidisciplinario.
- ✓ Capacitar y actualizar a los estudiantes en las diversas disciplinas de ingeniería electrónica.
- ✓ Asumir el compromiso de su formación integral permanente y de su actualización profesional continua de manera autónoma.
- ✓ Ejercer la profesión de una manera responsable, legal y ética.
- ✓ Poseer los conocimientos básicos de las ciencias exactas, sociales y de humanidades que le permitan al estudiante aplicar profesionalmente la ingeniería electrónica.
- ✓ Administrar proyectos relacionados con su área de manera eficaz y eficiente.
- ✓ Comprender el entorno político, económico, social y cultural.

- ✓ Promover y participar en programas de mejora continua aplicando normas de calidad.

PROBLEMA A RESOLVER, PRIORIZANDOLO

Los medidores que en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez se encuentran instalados, tienen una estructura en la cual se indica el consumo de kilowatts, dicho consumo se visualiza de manera mecánica mediante engranes que mueven manecillas similares a las de un reloj, provocando que su lectura no sea tan simple, es por esto que se decidió hacer un medidor digital de corriente eléctrica con el fin de que el usuario tenga la facilidad de hacer la lectura del consumo de manera sencilla y rápida, así como el pago a realizar. Con ello, el propietario puede tener el control de cuanta corriente eléctrica consume mensualmente y el costo de la misma.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Este proyecto está orientado al desarrollo de un medidor digital para una casa habitación, la cual deberá tener instalado un medidor monofásico o en su caso un bifásico, debido a que el consumo deberá de ser exclusivamente de uso

domestico. La medición de la demanda de energía eléctrica en los aparatos es realizada para aquellos que estén dentro de un rango determinado de consumo de corriente. Dicho proyecto actualizara los datos en el LCD cada lapso de 1 hr, y guardara el consumo de Kiliwatts-Hora y Cuota, al finalizar el mes, pudiendo hacer referencia a dichos datos almacenados en el momento que se requiera. Al término del año, el sistema se reiniciara provocando el borrado de toda la información e inicializando todo el proceso.

FUNDAMENTOS TEORICOS

Introducción

Como todos sabemos, la electrónica es parte importante en el desarrollo de tecnología en el diseño de circuitos electrónicos para manipular a los electrones acorde a la aplicación del circuito.

Dentro del desarrollo de este proyecto, se tiene que tener conocimiento de la Electrónica Analógica, el cual estudia la aplicación de circuitos electrónicos que interactúan con señales que son continuas en función del tiempo. La Electrónica Digital que trabaja con señales que tienen valores discretos. Es decir, la representación digital

Señal Digital.

La palabra digital proviene de la misma fuente que la palabra *digito*: La palabra en latín para "dedo" (contar con los dedos), por el uso para contar en valores discretos y no continuos como en los sistemas analógicos.

Los sistemas digitales, como por ejemplo un microcontrolador, usan lógica de dos estados representados por dos niveles de tensión eléctrica, uno alto, H y otro bajo, L (de High y Low, respectivamente, en inglés).

Por abstracción, dichos estados se sustituyen por ceros y unos, lo que facilita la aplicación de la lógica y la aritmética binaria. Si el nivel alto se representa por 1 y el bajo por 0 (figura 3), se habla de lógica positiva y en caso contrario de lógica negativa.

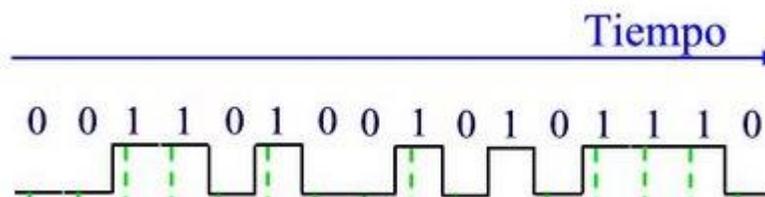


Figura 3. Señal digital.

Microcontrolador Pic16f877

Se denomina microcontrolador (figura 4) a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

Los microcontroladores poseen una memoria interna que almacena dos tipos de datos; las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja, así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador.

CARACTERISTICAS

En siguiente tabla se pueden observar las características más relevantes del dispositivo:

CARACTERÍSTICAS	16F877
Frecuencia máxima	0-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A, B, C, D, E

Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales Pwm	2

- ✓ Función a realizar: leer, procesar y responder a la señal de entrada.
- ✓ Básicamente este elemento es el encargado de llevar el control en la medición de la energía eléctrica, ya que internamente y mediante la programación adecuada se leerán datos (provenientes de la etapa de digitalización) para procesarlos y así mandar una instrucción al puerto en donde se encuentra conectado un LCD, con el fin de enseñar un mensaje donde se especifique la cantidad de KW-HR consumidos y la

cantidad de efectivo a pagar por dicho consumo. También al término de cada mes, este dispositivo ejecutará la instrucción para almacenar los datos de consumo y costo en una memoria externa con la finalidad de tener un historial de la de energía eléctrica utilizada anualmente.



Figura 4. Microcontrolador PIC16f877.

Optoelectrónica

La Optoelectrónica constituye, sin duda, una de las materias científico-tecnológicas que más rápido crecimiento ha experimentado en los últimos años. La revolución en este campo se ha producido a partir de una fecha relativamente reciente. Así, prácticamente fue en la década de los 60's cuando se produce el desarrollo de estas tecnologías impulsadas por una serie de empresas punteras en el sector electrónico. Cabe mencionar que la herramienta principal de la Optoelectrónica es la luz.

Luz

La luz (del latín lux, lucis) es la clase de energía electromagnética radiante capaz de ser percibida por el ojo humano. En un sentido más amplio, el término luz incluye el rango entero de radiación conocido como el espectro electromagnético. La ciencia que estudia las principales formas de producir luz, así como su control y aplicaciones se le llama Óptica (Rama de la Física).

Se ha demostrado teórica y experimentalmente que la luz tiene una velocidad finita. Actualmente el valor exacto aceptado para la velocidad de la luz en el vacío es de 299.792.458 m/s.¹

La velocidad de la luz al propagarse a través de la materia es menor que a través del vacío y depende de las propiedades dieléctricas del medio y de la energía de la luz. La relación entre la velocidad de la luz en el vacío y en un medio se denomina índice de refracción del medio:

$$n = \frac{c}{v}$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío, v es la velocidad de la luz en un medio, donde c y v están en (m/s), n es el índice de refracción.

Cuando un haz de luz incide en la superficie de una material, siempre hay una parte de luz que se esparce hacia atrás, y a este fenómeno se le denomina *reflexión*.

Si hacemos un análisis desde el punto de vista de la Óptica Geométrica, la reflexión (figura 5) de la luz puede ser representada por medio de dos rayos: el que llega a una superficie, rayo incidente, y el que sale "rebotado" después de reflejarse, rayo reflejado, formando en la reflexión un ángulo de incidencia y reflexión, con respecto a una normal. El ángulo con el cual un rayo incide es igual al ángulo reflejado.

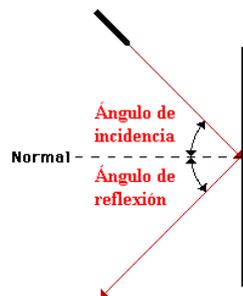


Figura 5. Reflexión de luz en una interfase.

La luz puede ser utilizada en muchas aplicaciones y una de ellas es en las comunicaciones ópticas, y la parte

fundamental, es ver la manera de manipular la luz para mandar información a grandes distancias. Debido a esto se debe comprender la naturaleza de la luz. La luz es el principal mecanismo por el cual podemos transmitir y recibir información de los objetos que nos rodean y de todo el universo. Una de las principales ventajas de la luz es la alta frecuencia que tiene (del orden de los Terahertz.).

Tomando en cuenta lo anterior, la Optoelectrónica utiliza a la luz como el principal elemento que mediante variaciones ópticas se puede transportar información a través de un sistema. En un sistema de comunicación óptica se necesita de una fuente de luz (LED, Láser, etc), un medio de transmisión en donde la luz pueda propagarse con pérdidas bajas (espacio libre, fibra óptica) y de un fotodetector (PIN, o de avalancha) que tenga la capacidad de detectar las variaciones de la luz, ya sea en forma de pulsos o continuo.

La optoelectrónica ha alcanzado el carácter de disciplina científica, rápidamente se impone como una de las piedras angulares de la ingeniería moderna, ya que toma elementos de la electrónica, óptica, electromagnetismo y la ciencia de materiales. En su sentido más amplio, la Optoelectrónica significa la aplicación de la electrónica a sistemas ópticos.

A grandes rasgos, un sistema Optoelectrónico se conforma de la existencia de una fuente de luz, de un detector y de algún medio donde se pueda propagar la luz entre el transmisor y el receptor. A esto se añade la energía y el procesamiento de las señales de entrada y salida necesaria para completar los elementos básicos de un sistema optoelectrónico (figura 6).

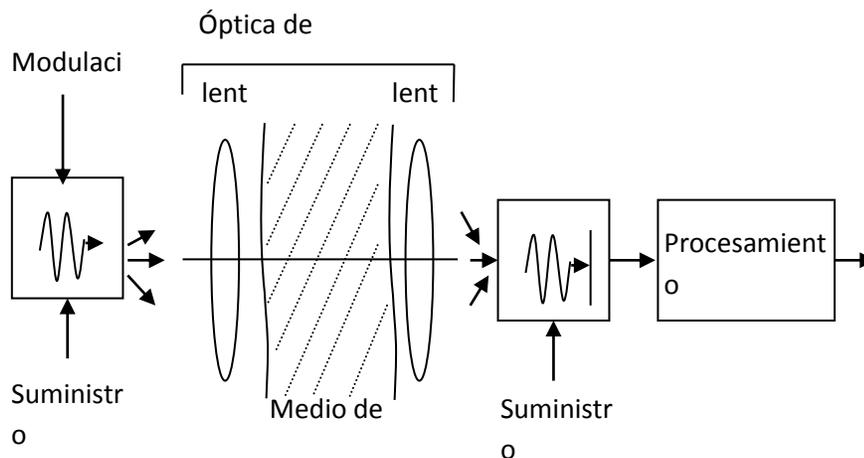


Figura 6. Elementos de un sistema Optoelectrónico típico.

En un sistema Optoelectrónico, se necesita que la señal viaje en forma de luz, y para ello, el transmisor debe de generar la señal y convertirla de energía eléctrica a energía luminosa y el receptor tiene la función de recibir energía luminosa y convertirla en energía eléctrica.

Fibra óptica

La fibra óptica (figura 7) es un sistema de transmisión de datos que se hace a través de un filamento de vidrio o plástico. La fibra óptica existe gracias al principio de reflexión total interna, ya que los rayos de luz dentro de la fibra van rebotando con las paredes externas del filamento.

Dentro de sus ventajas se encuentra un gran ancho de banda, es inmune totalmente a las interferencias electromagnéticas, cables ligeros y muy pequeños (diámetro aprox. igual al de un cabello entre 50 a 125 micras), No Inflamable y es Flexible.

Un cable de fibra óptica está compuesto de las siguientes partes:

Núcleo: Es propiamente la fibra óptica, la hebra delgada de vidrio por donde viaja la luz.

Revestimiento: Es una o más capas que rodean a la fibra óptica y están hechas de un material con un índice de refracción menor al de la fibra óptica.

Forro: Es un revestimiento de plástico que protege a la fibra y la capa media de la humedad y los maltratos.

- ✓ Función a realizar: en principio, se pretende utilizar un par de fibras ópticas con el fin de obtener una lectura del medidor convencional, dichas fibras se alinearan de tal manera que entre ellas exista un ángulo (θ) que permitirá la reflexión perfecta de la luz desde una de ellas hacia la otra, pudiendo así tener el conteo de cada giro del medidor del hogar, sin embargo, la decisión de utilizar a la fibra Óptica, va a depender de la factibilidad de alineación mecánica en función de la transmisión y recepción de luz.

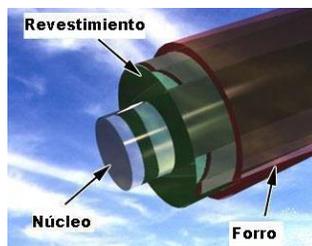


Figura 7, Fibra optica

Dispositivo de visualización.

Una pantalla de cristal líquido (figura 8) o LCD (acrónimo del inglés Liquid crystal display) es una pantalla delgada y plana formada por un número de píxeles en color o

monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora.

El LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes. 240 caracteres están grabados dentro del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, etc. Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario. El bus de datos del display se puede configurar para funcionar de dos formas diferentes. Bien como un bus de 8 bits o bien como un bus multiplexado de 4 bits. El utilizar el bus multiplexado de 4 bits es una opción muy útil para ahorrar bits en el sistema de control. La tensión nominal de alimentación es de 5V, con un consumo menor de 5mA.

- ✓ Función a realizar: es el medio por el cual se dará a conocer al usuario, el consumo de energía eléctrica y el costo aproximado que genera dicho consumo.

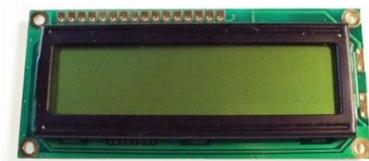


Figura 8. Pantalla de Cristal Líquido.

Diodo emisor de luz infrarroja y Fototransistor

Los fototransistores (figura 9) no son muy diferentes de un transistor normal, es decir, están compuestos por el mismo material semiconductor, tienen dos junturas y las mismas tres conexiones externas: colector, base y emisor. Por supuesto, siendo un elemento sensible a la luz, la primera diferencia evidente es en su cápsula, que posee una ventana o es totalmente transparente, para dejar que la luz ingrese hasta las junturas de la pastilla semiconductor y produzca el efecto fotoeléctrico.

Teniendo las mismas características de un transistor normal, es posible regular su corriente de colector por medio de la corriente de base. Y también, dentro de sus características de elemento optoelectrónico, el fototransistor conduce más o menos corriente de colector cuando incide más o menos luz sobre sus junturas.

La luz incide sobre la región de base, generando portadores en ella. El fototransistor es más sensible que el fotodiodo por el efecto de ganancia propio del transistor.

Los fototransistores, al igual que los fotodiodos, tienen un tiempo de respuesta muy corto, es decir que pueden responder a variaciones muy rápidas en la luz. Debido a que

existe un factor de amplificación de por medio, el fototransistor entrega variaciones mucho mayores de corriente eléctrica en respuesta a las variaciones en la intensidad de la luz.



Figura 9, fototransistor

EL WATTHORÍMETRO DE INDUCCIÓN

DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN, PARTES ESENCIALES Y LEYES BÁSICAS.

DEFINICIÓN:

Es un dispositivo que registra o mide la energía eléctrica transferida de un punto a otro por medio de un circuito eléctrico comprendido de dos o más conductores, basando su funcionamiento en el "principio motor" de inducción.

CLASIFICACIÓN :

⇒ Monofásicos

⇒ Polifásicos

PARTES ESENCIALES DEL MEDIDOR DE INDUCCIÓN:

- * Estator (comprende : bobina de potencial, Bobina de corriente y núcleo laminado)
- * Rotor o Disco
- * Imanes Permanentes
- * Registro
- * Carcaza (base y soportes)
- * Cubierta de vidrio

ESTATOR

Compuesto de laminaciones de fierro (figura 10) con buenas propiedades magnéticas. En él van montadas las bobinas de corriente y de potencial.

La bobina de potencial consiste de un gran número de vueltas de alambre de calibre muy delgado. Debido a ello posee una inductancia muy alta. Esta bobina se conecta en paralelo con la línea (neutro y fase, respectivamente).

La bobina de corriente se construye de pocas vueltas de alambre de un calibre adecuado al tipo de medidor y se conecta en serie con la corriente de carga.

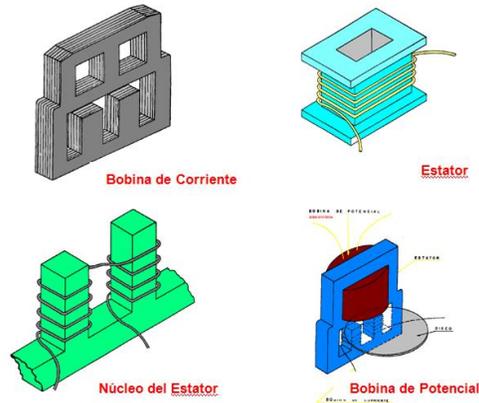


Figura 10, Estator

ROTOR

Es un disco con una flecha ensamblada que consta de un engrane "sinfin" (figura 11) en un extremo de su sección. Generalmente el disco se construye de una aleación de aluminio con excelentes propiedades eléctricas.

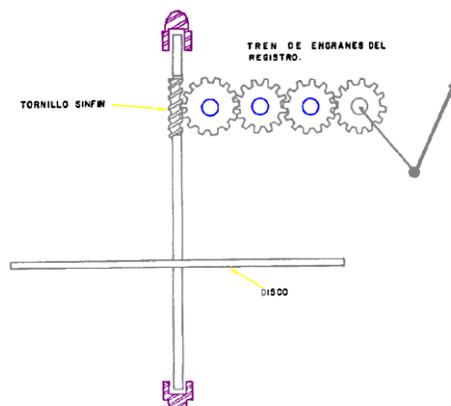


Figura 11 Rotor

IMANES PERMANENTES (o retardadores)

Son los reguladores (figura 12) de la velocidad del disco y se utilizan para la calibración del medidor (carga alta) dentro de los límites tolerables.

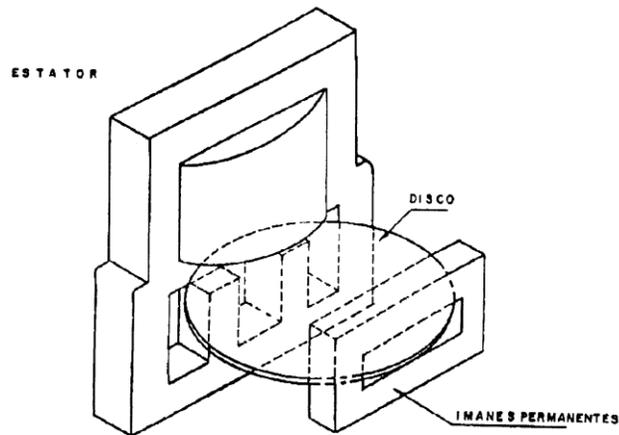


Figura 12

Imanes permanentes

REGISTRO

Es un "Tren de Engranajes" (figura 13) el cual va acoplado directamente al "sinfin" de la flecha del rotor, con la finalidad de transmitir el movimiento del disco y así integrar la energía consumida.

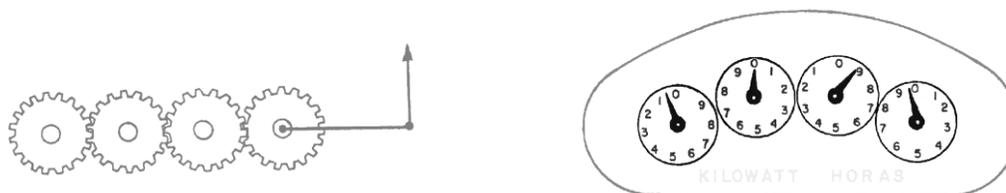


Figura 13 Registro

PARTES BÁSICAS DE UN MEDIDOR

Un Watthorímetro tiene seis partes básicas :

- 1. Cubierta**
- 2. Base**
- 3. Registro**
- 4. Rotor y Suspensión Magnética o joyas**
- 5. Marco e Imanes**
- 6. Estator**

CUBIERTA : Tiene como propósito proteger los componentes del medidor del polvo y la intemperie.

BASE : Sirve para recibir el marco que tiene el estator, rotor y chumaceras. También tiene un dispositivo para colgar el medidor.

REGISTRO : Actúa como una máquina sumadora que totaliza las revoluciones del disco. Los engranes se encuentran diseñados para que las revoluciones se traduzcan en KILOWATTHORAS.

ROTOR : Consiste de un disco con su flecha, el disco de un watthorímetro debe tener dos propiedades especiales : poco peso y baja resistencia. El poco

peso minimiza la carga que debe soportar la suspensión del disco y la baja resistencia maximiza las fuerzas producidas en el disco. El material que reúne mejor estas condiciones es el aluminio puro.

SUSPENSIÓN

MAGNÉTICA: Funciona por un par de fuerzas de atracción o de repulsión producidas por imanes que prácticamente mantienen el disco flotando.

SISTEMA DE JOYAS : Es más antiguo y en él se utilizan pequeñas postas y superficies de mucha dureza y perfectamente lisas para evitar al máximo la fricción.

MARCO : Es la parte donde se ensamblan las bobinas, el disco y los imanes.

IMANES : Son el freno del disco del medidor.

ESTATOR : Está compuesto de tres partes :

1. Bobina de potencial y su núcleo
2. Bobina de corriente y su núcleo
3. Laminaciones de regreso del flujo de la bobina de potencial

El propósito de la bobina de potencial es el de convertir el voltaje del circuito en un campo magnético proporcional al voltaje

El propósito de la bobina de corriente es el de convertir la corriente del circuito en un campo magnético proporcional a la corriente

El propósito de las laminaciones de regreso del flujo de la bobina de potencial es el de proveer una trayectoria al flujo cuando pasa a través del disco.

El medidor de Watthoras es prácticamente un motor de inducción.

Para llegar a entender el funcionamiento de un medidor de KWH es necesario entender las leyes básicas del electromagnetismo, las cuales nos indican el comportamiento del disco (en medio del estator).

1.- REGLA DE FLEMING O DE LA MANO DERECHA

En un conductor cualquiera (figura 14) que es recorrido por una corriente eléctrica, existe un campo magnético circular a dicho conductor. Una regla útil para determinar la dirección del campo magnético con referencia a la dirección de la corriente es la de la mano derecha. Abrazando el conductor con la mano derecha y el dedo pulgar indicando la

dirección de la corriente, los demás dedos nos indican la dirección de dicho campo. Al aumentar la corriente también aumenta el campo magnético.

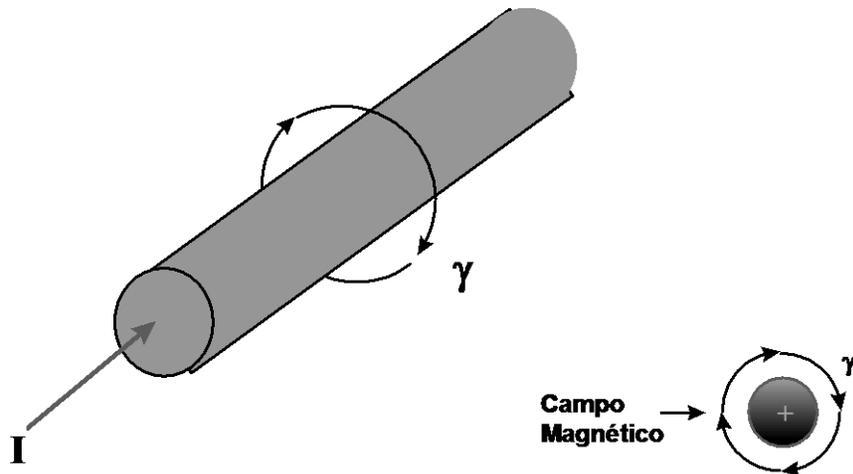


Figura 14

Campo Magnético Circular, situado en un plano normal al conductor

2.- LEY DE POLOS MAGNÉTICOS

Polos magnéticos iguales se rechazan y polos magnéticos opuestos se atraen (figura 15).

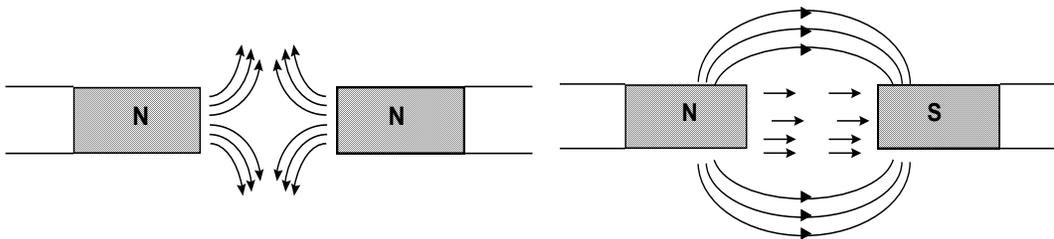


Figura 15, Polos iguales se rechazan - Polos opuestos se atraen

3.- LEY DE INDUCCIÓN DE FARADAY

Si un conductor está bajo la acción de un campo magnético y dicho campo varía, aparece una fuerza electromotriz (Voltaje) inducida en el conductor y la magnitud de la fuerza electromotriz inducida en este conductor es proporcional a la rapidez de la variación de dicho campo con respecto al tiempo y su dirección es tal que se opone al efecto que la produce. La fuerza electromotriz inducida va atrasada 90° del flujo que la produce.

4.- CORRIENTES DE EDDY (LEY DE LENZ)

Atendiendo a la Ley de Inducción del punto anterior, la fuerza electromotriz inducida origina una circulación de corriente llamada corrientes parásitas o de Foucault (figura 16), siempre y cuando exista una trayectoria para la circulación de dicha corriente. Dichas corrientes al circular a través del material conductor producen a su vez un campo magnético propio.

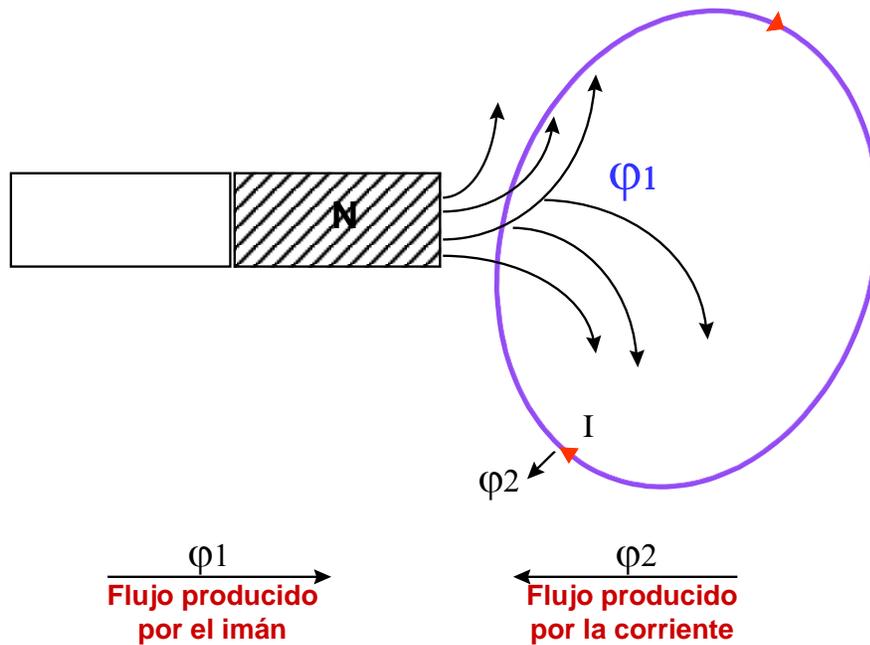


Figura 16

Ley de Lenz

5.- PRINCIPIO DE BIOT-SAVART O REGLA DE LA MANO IZQUIERDA

Cuando en un conductor por el cual circula una corriente y éste se encuentre bajo un campo magnético, se ejerce una fuerza sobre él.

Esta fuerza mecánica tiende a mover el conductor hacia afuera del campo magnético.

La dirección de la fuerza operada sobre el conductor por el cual circula la corriente eléctrica y que está sometida a un campo magnético externo se determina usando la **regla de la mano izquierda**, donde el dedo pulgar indica la dirección del campo magnético externo, el dedo índice indica la dirección de la corriente y el dedo medio la dirección de la fuerza producida. Esta fuerza es proporcional a la magnitud de la corriente del campo magnético, la longitud del conductor y la magnitud del ángulo que forma la corriente y el campo.

Para que el disco gire son necesarias dos condiciones :

- 1.- El disco debe ser recorrido por una corriente eléctrica.
- 2.- La corriente en el disco debe estar sujeta a una imantación.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR DE INDUCCIÓN

“El rotor de un medidor es un conductor eléctrico con la forma de un disco el cual se encuentra colocado entre los polos del estator.”

“Los flujos magnéticos originados en el estator pasan a través de una porción del disco y tomando en cuenta que los campos magnéticos en forma alternada aumentan y disminuyen induciendo F.E.M.'s en el disco, que a su vez, originan corrientes parásitas cuyos flujos magnéticos reaccionan con el campo magnético del estator, creándose un par motriz en el disco, el cual por encontrarse libre para girar, adquiere una rotación de acuerdo con la dirección de los flujos magnéticos.”

A continuación trataremos de explicar la interacción de los flujos magnéticos producidos por las bobinas de corriente y de potencial; así también la deducción de la ecuación del "par" en función de las señales de voltaje y corriente aplicados al medidor.

NOMENCLATURA utilizada en los siguientes puntos:

v (t) = Señal de voltaje instantáneo aplicada al medidor.

i (t) = Señal de corriente instantánea aplicada al medidor.

e_p = F.E.M., inducida en el disco, por el flujo de potencial

e_1 = F.E.M., inducida en el disco, por el flujo de corriente (lado izquierdo).

e_2 = F.E.M., inducida en el disco, por el flujo de corriente (lado derecho).

θ_3 = Flujo magnético producido por la bobina de potencial.

θ_1 = Flujo magnético producido por la bobina de corriente (lado izquierdo).

θ_2 = Flujo producido por la bobina de corriente (lado derecho).

I_3 = Corrientes circulantes debidas a e_p .

I_1 = Corrientes circulantes debidas a e_1 .

I_2 = Corrientes circulantes debidas a e_2 .

F = Fuerza neta producida por la interacción del flujo de potencial y las corrientes circulantes I_1 e I_2 , ($F = F_1 + F_2$).

F_1 = Fuerza debida a la interacción del flujo de potencial y la corriente circulante I_1 .

F_2 = Fuerza debida a la interacción del flujo de potencial y la corriente circulante I_2 .

F₅ = Fuerza neta producida por la interacción del flujo originado por las bobinas de corrientes y la corriente circulante I_3 ($F_5 = F_3 + F_4$).

F₃ = Fuerza originada por la interacción del flujo producido por la bobina de corriente θ_1 , y la corriente circulante I_3 .

F₄ = Fuerza originada por la interacción del flujo producido por la bobina de corriente θ_2 , y la corriente circulante I_3 .

T = Par neto que desarrolla el disco $T = T_1 - T_2$.

T₁ = Par desarrollado por la interacción del flujo de potencial y las corrientes circulantes I_1 é I_2 .

T₂ = Par desarrollado por la interacción del flujo magnético producido por las bobinas de corriente y las bobinas circulantes I_3 .

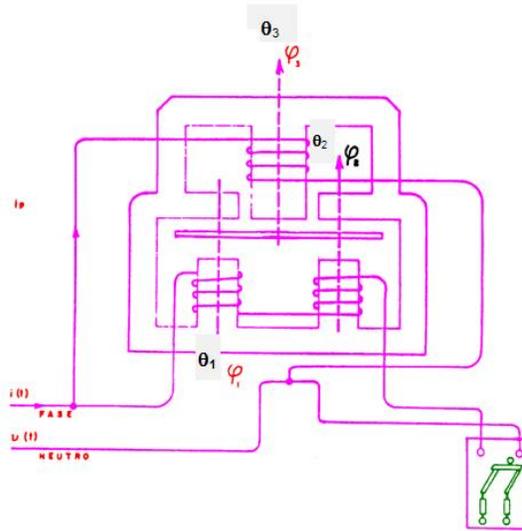


Figura 17, determinación de las ecuaciones

NOTA: Consideremos valores instantáneos indicados en la figura 17, los cuales serán positivos en la dirección indicada y aumentando en magnitud. (Las señales de potencial y corriente son senoidales).

INTERACCION DE LOS FLUJOS EN EL DISCO

Los flujos magnéticos θ_3 , θ_1 , y θ_2 inducirán voltajes en el disco e_3 , e_1 , y e_2 , respectivamente y estos a su vez producirán corrientes circulantes I_3 , I_1 , e I_2 .

Estas corrientes circulantes producirán un flujo que tendrá una dirección tal, de acuerdo a la ley de Lenz. La

interacción de estos flujos con los flujos θ_3 , θ_1 , y θ_2 , generarán un par neto.

Analizaremos la interacción de los flujos de las corrientes circulantes, con los flujos de las bobinas de corrientes y potencial. Dicho análisis lo dividiremos en dos partes:

- A).- Interacción de las corrientes circulantes originadas por el flujo de la bobina de corriente I_1 , e I_2 con el flujo producido por la bobina de potencial θ_3 .

- B).- Interacción de la corriente circulante originadas por el flujo de la bobina de potencial I_3 , con los flujos producidos por la bobina de corriente θ_1 y θ_2 .

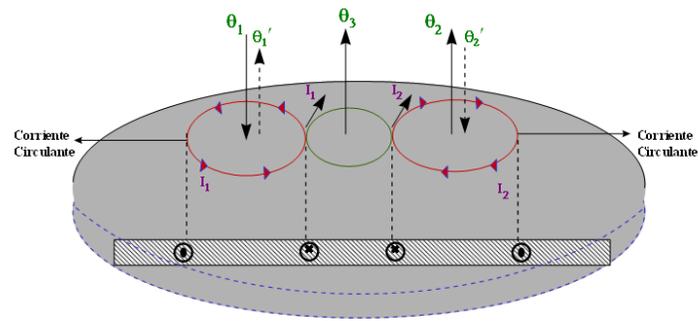


Figura 18, Interacción de I_1 e I_2 con θ_3

Analizando vectorialmente estos flujos y aplicando la regla de la mano izquierda (Regla de Fleming), tenemos:



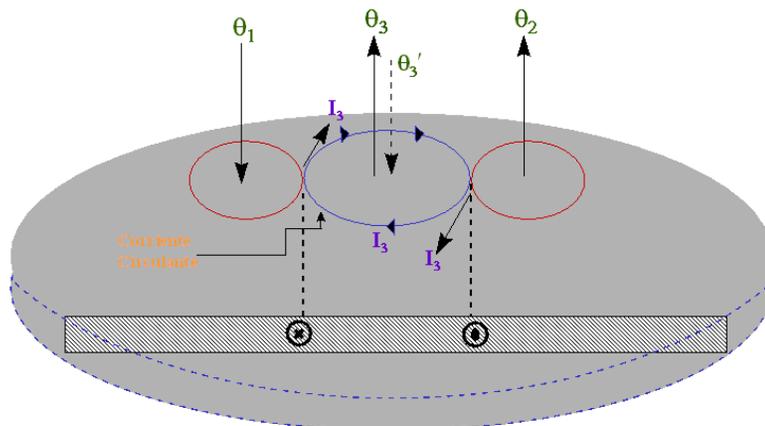
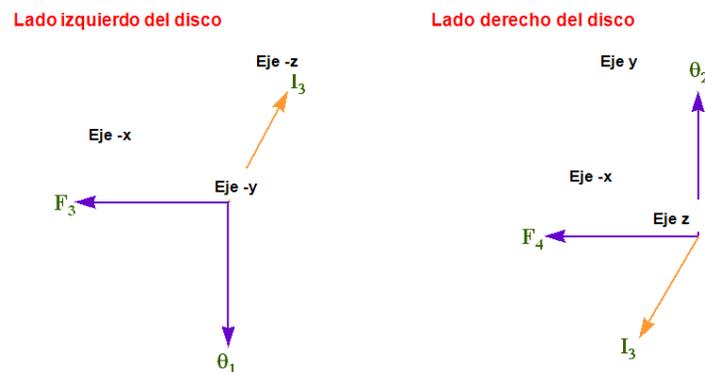


Figura 6.8

B) .- INTERACCION DE I_3 CON θ_1 y θ_2

Analizando vectorialmente estos flujos y corrientes, aplicando la regla de la mano izquierda, tendremos:



Cada una de estas reacciones produce una fuerza motriz y sumándolas nos dan como resultado el movimiento del disco.

En el diseño de las constancias, el medidor es tal que la velocidad del disco es proporcional a los KW que están circulando a través de él, y como al contar revoluciones se introduce la constante tiempo, el resultado será los KWH consumidos. Como el disco cuenta con un eje que tiene acoplado un engrane sinfín y éste está en contacto con un tren de engranes que al final tiene unas manecillas graduadas en KWH, el disco le transmite el movimiento al tren de engranes y éste realiza el conteo de las revoluciones y por medio de las manecillas graduadas nos transforman las revoluciones en KWH, que es el objetivo final del medidor.

Un watthorímetro es un pequeño motor de inducción diseñado para medir energía eléctrica. Para hacer esto, el watthorímetro cumple con la siguiente ecuación.

$$\text{Watthoras} = \text{Voltaje} \times \text{Corriente} \times \text{F. P.} \times \text{Tiempo} = \text{Watts} \\ \times \text{Tiempo}$$

El par en el medidor es producido por un electroimán llamado estator, el cual tiene dos juegos de devanados. Un devanado, llamado bobina de potencial, el cual produce un

campo magnético representando al voltaje del circuito. El otro devanado llamado bobina de corriente, produce un campo magnético representando a la corriente de carga.

Estas dos bobinas, están arregladas de tal manera que sus campos magnéticos producen una fuerza en el disco del medidor la cual es directamente proporcional a la potencia de la carga conectada.

Los imanes permanentes son usados para inducir una fuerza retardatoria o de frenado, que es proporcional a la velocidad del disco. La fuerza magnética de estos imanes regulan la velocidad del disco para cualquier carga dada, de tal manera que cada revolución del disco siempre mide la misma cantidad de energía o watthoras.

El número de watthoras medido por cada revolución del disco se le conoce como constante del medidor o Kh. Las revoluciones del disco son contadas y presentadas a través de engranajes apropiados como kilowatthoras en el registro de wathorímetro.

FORMULA FUNDAMENTAL DEL MEDIDOR

La fórmula fundamental del wathorímetro puede escribirse como:

Wathoras = Revoluciones del disco x Kh ó

Watts x Tiempo = Revoluciones del disco x Kh

La cual se escribe normalmente de la siguiente manera:

$$\text{Watts} = \frac{3,600 \times \text{Revoluciones del disco} \times \text{Kh.}}{\text{Tiempo en segundos}}$$

$$\text{Watts} = 60 \times \text{R.P.M.} \times \text{Kh}$$

Para una exactitud de 100%, el disco del wathorímetro debe de dar una revolución completa en un tiempo predeterminado si una carga constante (watts) es aplicada. Esto indica que un medidor puede ser probado con un cronómetro bajo condiciones de carga constante.

COMO LEER EL MEDIDOR

Explicación

n
s
s

Comienza la lectura del medidor por la carátula de la extrema derecha, y toma en cuenta que el sentido de las manecillas se invierte de una a otra carátula

Aplica las siguientes reglas:

A. Si la manecilla está entre dos números, anota siempre el menor y considera que si señala entre el 0 y el 9, se anota siempre el 9.

B. Si la manecilla está sobre un número, consulta la posición de la manecilla en la carátula de la derecha. Si ésta última ha rebasado el cero, toma el número señalado. En caso contrario considera el número anterior al señalado.

PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCION DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

Sabemos que para desarrollar un proyecto se necesita una gran recopilación de información, actividad que se realizo con búsqueda en páginas web, libros y directamente con el personal de Comisión Federal de Electricidad (CFE). Partiendo de la información obtenida, se procedió a analizar y con ello ir determinando las actividades a realizar.

DETECTOR DE VUELTAS

Al analizar la información, se opto por calcular el consumo de los Kilowatts - Hora partiendo del numero de vueltas del disco del medidor, considerando también el tipo de este. (Monofásico o Bifásico), ya que para determinar el consumo se utiliza una formula en donde intervienen los giros y una constante de dicho medidor.

Se determinaron dos opciones para detectar la vuelta del disco:

1.- En principio, se pretende utilizar un par de fibras ópticas con el fin de obtener una lectura del medidor convencional, dichas fibras se alinearan de tal manera que entre ellas exista un ángulo (θ) que permitirá la reflexión perfecta de la luz desde una de ellas hacia la otra (figura 19), pudiendo así tener el conteo de cada giro del medidor del hogar.

La decisión de utilizar a la fibra Óptica, va a depender de la factibilidad de alineación mecánica en función de la transmisión y recepción de luz.

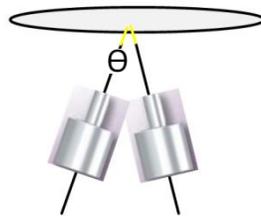


Figura 19. Esquema de dos fibras, enviando y recibiendo señal.

2.- Utilizar un diodo emisor infrarrojo y un fototransistor alineados uno frente al otro, haciendo un pequeño orificio en el disco para dejar pasar la luz en cada giro.

La opción que se eligió fue la de utilizar los infrarrojos, debido a la facilidad de su uso en la práctica y su valor económico accesible.

CONTROL DEL SISTEMA

El sistema será controlado mediante un par de microcontroladores PIC16F877, debido a la variedad de puertos con el que dicho dispositivo cuenta.

Cada uno de ellos realiza diferentes acciones en el sistema, a continuación se describe:

1.- El primer controlador es el encargado de contar el número de vueltas que el disco del medidor realiza a través de la activación de una de sus terminales, también realiza operaciones matemáticas para determinar el consumo en Kilowatts - Hora y la cuota que se deberá de cubrir, imprimiéndolos cada hora en un LCD de 4 x 16, y la tercera función a realizar es la de almacenar dentro de la memoria interna EEprom, los datos se guardarán al término de cada

mes, los cuales se pueden consultar en el momento que se desee.

Cabe mencionar que antes iniciar con el proceso, se entra a un menú de configuración, en donde la primer parte consta de la configuración de la fecha y hora de instalación.

En forma de submenú se encuentra el apartado para seleccionar el tipo de medidor (Monofásico o Bifásico), posteriormente se entra al programa principal, en donde se visualiza el consumo de KWH y Cuota.

2.- El segundo controlador es el encargado de determinar el consumo de los aparatos básicos en una casa habitación (refrigerador, plancha, televisor, lavadora, computadora), a través de la medición del tiempo que tarda el disco del medidor en dar una vuelta.

Haciendo operaciones matemáticas se determina el consumo, mandando los datos en KWH a un LCD de 2 x 40.

RESULTADOS, PLANOS, GRAFICAS, PROTOTIPOS Y PROGRAMAS

Primeramente, se implemento cada una de las etapas por separado, con el fin de corroborar su funcionamiento, la primer experimentación fue la de determinar la detección de vueltas del medidor, para ello se implemento un prototipo del medidor original (figura 20), agregando a este un diodo emisor infrarrojo y un fototransistor alineados uno frente al otro (figura 21).



Figura 20



Figura 21

En un extremo del disco se realizo un pequeño orificio (figura 22), con el fin de detectar el giro, con ello se logro que se enviara un pulso positivo al pic16f877 para su procesamiento, cada vez que se detecta una vuelta.

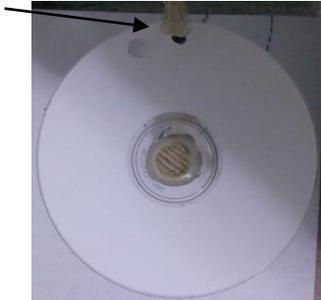
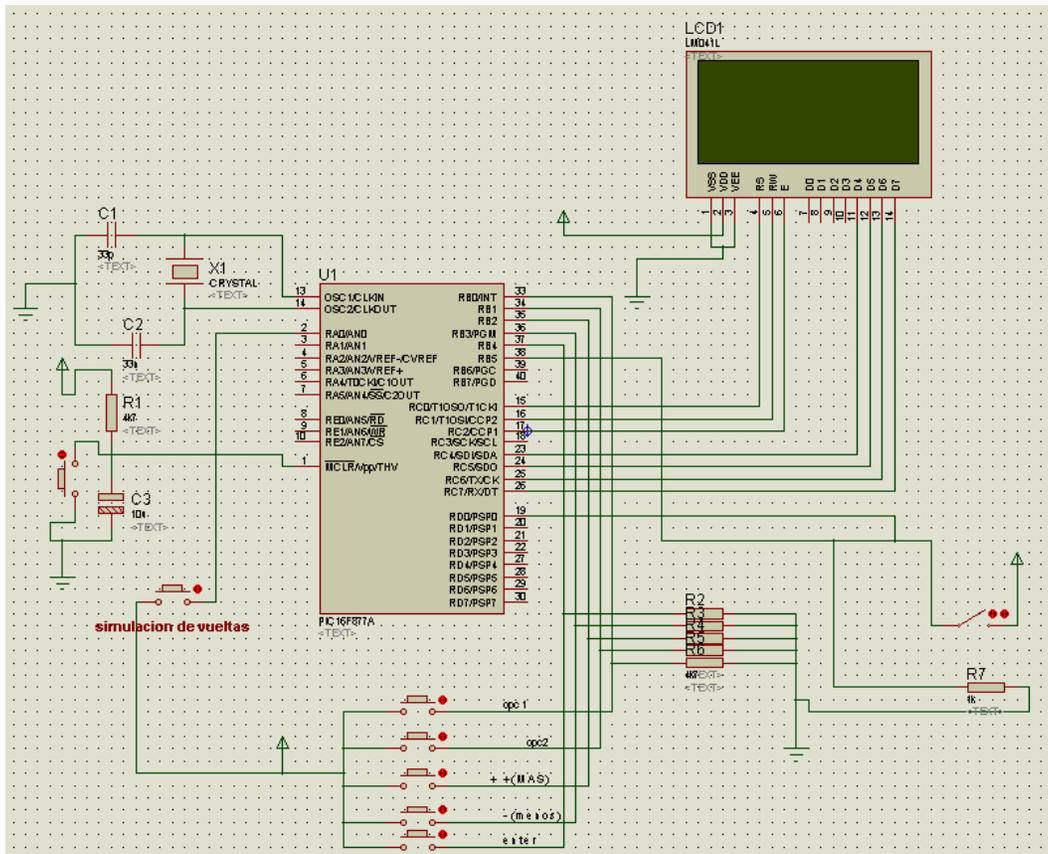


Figura 22

Como se menciona antes, en el primer controlador se tiene el siguiente conexionado:



Y se inicializa con un menú principal (figura 23), seleccionando la opción deseada a partir de los botones de opciones. Al seleccionar la opción 2, de reset, todos los datos y variables del programa se inicializaran.



Figura 23

Al seleccionar la opción 1 de inicio, se tiene acceso a la parte de configuración de fecha y hora de instalación (figura 24), utilizando los botones de incremento y decremento se pueden establecer los valores exactos, pasando de un rubro a otro con el botón "enter".



Figura 24

Al finalizar a configuración y pulsar el botón "enter", se tiene acceso a otro menú (figura 25), en el cual se configura el tipo de medidor que la casa habitación tiene instalado, utilizando los botones de opción 1 ó 2.



Figura 25

Después de que se ha elegido el tipo de medidor, automáticamente se entra al programa principal (figura 26), en el cual se ilustra el consumo en Kilowatt - hora y la cuota a cubrir.

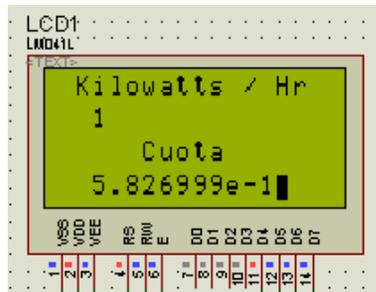


Figura 26

Lo anterior se ejecuta mientras se seleccione la opción "Medidor", con el switch de modo, cuando dicho switch se activa en la opción "lectura", el sistema se detiene y espera que se seleccione el mes que se desea consultar, utilizando los botones que indican el mes (figura 27) e imprimiendo en el LCD el valor almacenado en la memoria interna EEprom.

Al término de la consulta deberá de seleccionarse nuevamente la opción "Medidor", para seguir con el funcionamiento principal.

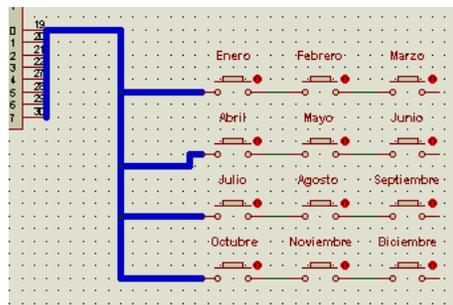


Figura 27

La etapa del segundo controlador, inicia con una referencia del proyecto en la pantalla LCD durante 5 seg (figura 28).

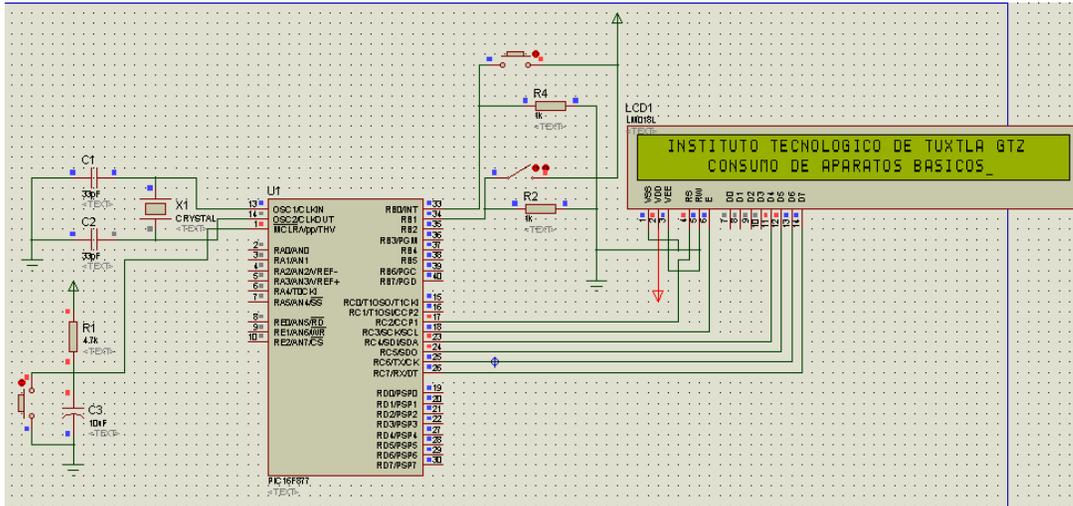


Figura 28

Después de dicho tiempo se imprimen las constantes de los aparatos (figura 29).



Figura 29

Cada vez que se detecta una vuelta, se incrementa un contador vía software, y al detectar otro giro, el

controlador determina el tiempo que el disco demora en hacer dicha vuelta, dependiendo de los tiempos, se imprime en LCD el consumo de los aparatos (figura 30).



Figura 30

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De una manera global, me parece que este proyecto tiene una gran aplicación, debido a que el control del consumo de corriente eléctrica es fundamental en los días que hoy vivimos. Durante el desarrollo he reforzado los conocimientos que tenía y adquirido nuevos.

Cabe mencionar que tuve algunos problemas en la realización, mismos que me hicieron tener una mayor inquietud para adquirir una solución lo más rápido posible, uno de esos problemas fue trabajar con el compilador Micro C 8.0, debido a que me limitaba a un cierto número de instrucciones.

La necesidad de solucionar dichos problemas, también ocasiono que en momentos necesitara de la opinión de compañeros que habían trabajado con algo similar al problema, de igual manera apartaba conocimiento en las inquietudes que ellos tenían.

Sinceramente, este proyecto me parece muy bueno, los resultados esperados se obtuvieron con satisfacción, aunque no se concluyo como a mi me hubiese gustado, debido a que hizo falta la aplicación real del mismo, directamente en una casa habitación. Lo anterior puede lograrse aun, ya que el

proyecto me agrada y pretendo seguir con el, perfeccionándolo y afinando algunos detalles.

Por último, quisiera hacer conciencia en las personas, diciéndoles que el ahorro de energía nos ayuda a todos, si no se cuenta con un medidor digital, hay que hacer un pequeño espacio de tiempo para aprender los pasos para leer el medidor convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS Y VIRTUALES

Información originaria de la institución Comisión Federal de Electricidad (CFE)

<http://www.cfe.gob.mx/es/>

<http://www.mitecnologico.com/Main/FotoTransistor>

<http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/comoleerelmedidor/>