



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.**



**TECNOLÓGICO
DE MONTERREY.**

BIBLIOTECA
Campus Ciudad de México

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey

Campus Ciudad de México

División de Ingeniería y Arquitectura

Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

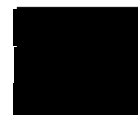
Medidor electrónico de potencia monitoreado por GSM-GPRS

Autores:

Francisco Rodolfo Tapia Campos

Francisco Javier Dávila García

Carlos Alberto Vega Zavala



Coordinador y Asesor:

Dr. Raúl Crespo Saucedo

México DF a 13 de mayo del 2005.

Índice

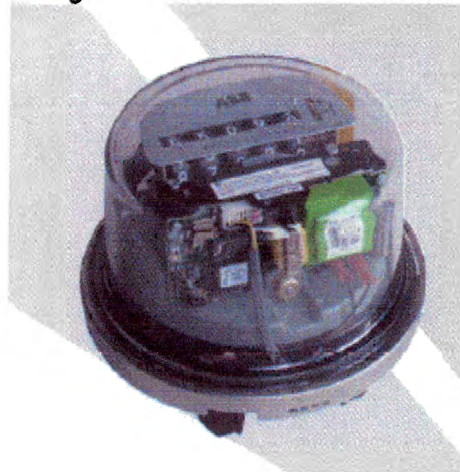
1. –Introducción	4
1.1.- Antecedentes	4
1.2 Definición del Problema	6
1.3.- Objetivos	7
1.4 Justificación.....	8
1.5.- Alcances y Limitaciones.....	8
1.6.- Metodología a seguir	9
2.- Marco Teórico.....	10
2.1.- Comunicación celular	10
2.1.1.- GSM.....	10
2.1.2.- PCS	10
2.1.3.- CDMA.....	11
2.1.4.- GPRS.....	11
Telcel.....	13
Telefónica Movistar	14
Tecnología CDMA	15
2.2.- Principio de funcionamiento de un wathorímetro monofásico	16
2.2.1.- Diseño de medidores.....	17
2.3.- Administración y cobro de energía eléctrica en México	18
2.3.1 Administración.....	18
2.3.2 cobro de energía eléctrica	18
2.4.- Bases de datos	20
2.4.1.- Administración y Gestión.....	20
2.4.2.- Evaluación, análisis y diseño.....	21
2.4.3.- Administradores de bases de datos	21
2.5.- Lenguajes de programación para páginas dinámicas	22
2.5.1.-PHP	22
2.5.2.- ASP	22
3.- Desarrollo del proyecto	23
3.1 Sistema de adquisición de energía	23
Diagramas de circuitos:	26
Microcontrolador PIC16F877	26
Características Principales:	26
Memoria EEPROM 25AA640	26
Características principales:.....	26
Dispositivo de alarma serial de tiempo real DS1305.....	27
Características principales:.....	27
Medidor eléctrico ADE7756 con interfaz serial:.....	28
Diagrama del Circuito.....	28
Características principales:.....	28
3.2 Consideraciones de factor de potencia.....	29
3.3 Cálculo de potencia instantánea y consumo de energía.....	29
3.4 Red GSM/GPRS de Transmisión de datos.....	31
3.5 Sistema de manejo de energía	33
3.6 Programación del Medidor electrónico.....	34
3.7 Implementación del sistema	36
3.8 Pruebas del sistema	37
3.8.1 Punto a punto	37

3.8.2 Modem-celular y celular-modem.....	38
3.8.3 base de datos-modem-equipo celular.....	39
3.8.4 modem de base de datos con modem de medidor electrónico.....	40
3.8.5 ADE7756.....	40
3.9 Resultados.....	44
4.- Análisis de costos.....	46
5.- Conclusiones.....	47
5.1 Perspectiva y trabajo a futuro.....	47
5.2 Comentarios.....	48
6.-Referencias.....	50
7.-Poster.....	52
8.-Anexos.....	53

1. –Introducción

1.1.- Antecedentes

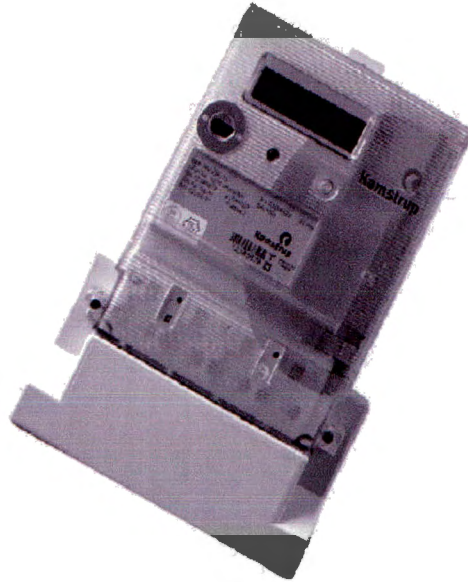
En países de Europa se han desarrollado medidores electrónicos de potencia, los cuales se mencionan algunos a continuación:



Medidor Residencial Módulo AIM

Este medidor combina un microprocesador Motorola, un disco sensor métrico y una circuitería de un modem telefónico en un paquete, este módulo utiliza sensores reflectivos para medir las revoluciones del disco y almacena las mediciones en una memoria no-volatil. Utiliza como reloj de tiempo real un capacitor *Back-up* de alta precisión que puede ser borrado por computadora durante cada llamada, para conseguir datos utiliza algoritmos de alta precisión y sensores de objeto reflectivos.

Para la parte de comunicaciones utiliza un modem compatible modelo *Bell 103* el cual opera con un pulso, si no fue posible hacer la comunicación automáticamente se vuelve a marcar y se revisa el error causante de la falla de comunicación.



Kamstrup 382

Contador doméstico trifásico de tipo directo, puede registrar el consumo de una o dos tarifas, cuenta con un display de cristal líquido de 8 dígitos numéricos y 3 dígitos alfanuméricos, muestra el valor acumulado de energía eléctrica con 7 dígitos, para el cálculo de la medida de las fases se envía impulsos al microprocesador con el que cuenta y estos impulsos se acumulan en un registro de energía, cuenta con un modem telefónico para realizar lecturas a distancia a través de una línea telefónica analógica.

Estos medidores tienen en común que usan una línea telefónica analógica para lograr su respectiva comunicación, además uno de ellos aún utiliza un disco para medir el consumo eléctrico, nuestro proyecto manejará una circuitería electrónica la cual será capaz de leer y almacenar datos de consumo eléctrico y la comunicación se hará por medio de alguna de las tecnologías de telecomunicación celular en nuestro país.

1.2 Definición del Problema

En nuestro país, para medir el consumo eléctrico se utiliza un medidor especial el cual no es fácil de entender si no se cuenta con la información necesaria de cómo leerlo haciendo que el consumidor no pueda comprender cuál es su consumo eléctrico neto. Además, muchos consumidores se aprovechan de que la industria que proporciona la energía eléctrica no cuente con un sistema de recopilación de datos de los medidores; lo cual hace que estos usuarios se aprovechen de la energía eléctrica haciendo que el medidor registre un consumo menor cuando en realidad se da uno mayor (uso de los llamados "diablitos").

La gente ignora la manera en la que la compañía de luz cobra por el servicio y han habido casos en los que les cobran de más, este problema es debido a que conectan el medidor a otra casa, además de la que le corresponde a dicho medidor. Esto provoca que el medidor registre un consumo excesivo y un usuario tenga que pagarlo.

El medidor electrónico es un dispositivo que realiza lecturas de consumo eléctrico en instalaciones monofásicas. Estas lecturas se almacenan en distintas localidades de memoria EEPROM dependiendo de la hora y día que se este realizando la medición. Cada determinado periodo de tiempo, el medidor envía datos a una central a través de una red GSM; servicio brindado por una compañía de telefonía celular, sea Telcel, Unefon, Iusacel o Movistar. De igual forma, si la central necesita algún dato de determinado medidor, ésta se conectará al medidor deseado y podrá pedirle los datos almacenados en memoria.

Los datos que la central obtendrá de los medidores serán almacenados en una base de datos, la cual podrá servir para analizar el consumo de la población y ayudará a detectar zonas donde el servicio de energía eléctrica se corta con más frecuencia. Los usuarios que deseen consultar los datos de su consumo mensual, semanal o de algún día determinado podrán consultarlos por Internet o por vía telefónica donde una persona lo atenderá personalmente.

Si se cae el servicio de energía eléctrica, el medidor enviará una señal a la central indicando que no hay servicio y con esto saber donde esta el fallo de la red.

El medidor cuenta con la ventaja de que puede manejar diferentes tarifas dependiendo del consumo en diferentes horarios, esto con el objetivo de crear conciencia de ahorro de energía eléctrica y así poder hacer más eficiente el consumo de energía eléctrica en nuestro país. Los datos de las diferentes tarifas se almacenarán en la memoria EEPROM y podrán ser actualizados cuando la central envíe los datos correspondientes.

Existirán diferentes modalidades de pago, tratando de manejar una tarifa de prepago con el fin de generar conciencia en la gente y generar una mentalidad de ahorro. La tarifa de prepago tendrá un formato similar al que tienen las tarjetas de prepago del servicio de telefonía celular. El pago podrá realizarse al comprar tarjetas de prepago e ingresar estos datos en su teléfono celular. También podrá llamarse por vía telefónica para poder ingresar los datos de la tarjeta de prepago, y por último, se puede manejar un tipo de pago con cargo automático a tarjeta de crédito o débito.

El medidor realizará un promedio de consumo diario y con esto podrá realizar un cálculo que le permita avisar con cinco días de anticipación de que el

servicio se corte a la central y la central podrá avisar ya sea vía telefónica, correo electrónico, o mensaje en el teléfono celular avisando que debe realizar una recarga.

Si un usuario no realiza una carga de prepago, el dispositivo enviará una señal a la central indicando que el crédito del usuario se ha terminado y la central podrá mandar una señal para cortar el servicio.

1.3.- Objetivos

Generales:

- Diseñar un medidor electrónico de potencia capaz de almacenar datos de consumo eléctrico en memoria.
- Hacer que el medidor interactúe con las redes de comunicación celular para el envío de datos almacenados en memoria.
- Crear una base de datos en la central de luz que tendrá como función recibir los datos almacenados en la memoria del medidor por las redes de comunicación celular para su respectivo procesamiento.

Específicos:

- Realizar una conexión punto a punto utilizando la tecnología de comunicación celular correspondiente y así comunicar la base de datos con cada medidor.
- Entender el funcionamiento básico de un medidor monofásico doméstico.
- Desarrollar un dispositivo eléctrico-electrónico que sea capaz de medir la potencia activa de una alimentación monofásica a un máximo de 15 Amp, típico de un hogar, con una precisión de al menos 90%, sin representar carga extra a la red de alimentación.
- Entregar una salida digital capaz de ser leída por el circuito del medidor para ser procesada y mandada por las redes de comunicación celular.
- Realizar un sistema basado en microcontrolador, el cual lea los datos entregados por el medidor y los guarde en una memoria no volátil con el fin de transmitirlos a la central.
- Realizar un sitio Web en donde el usuario podrá consultar el estado de su medidor. En este sitio se podrá observar el consumo diario, semanal, mensual, anual y algunos otros datos importantes.
- Diseñar y Crear una Base de datos, la cual guardará la información generada por los medidores y podrá ser consultada a través de Internet.
- Diseñar un programa que administre los medidores. Este programa tendrá acceso a los medidores a través de la comunicación celular y tendrá una conexión a la base de datos a través de Internet, será capaz de tomar decisiones, de conectarse con los medidores a horas programadas, de escuchar las peticiones de los medidores y escuchar las peticiones de los usuarios.

1.4 Justificación

En México el consumo de energía eléctrica no es administrado de manera eficiente y se ha convertido en un problema ambiental y económico, ya que las plantas generadoras de energía eléctrica generan residuos que son expulsados al medio ambiente y lo contaminan. La mayoría de los consumidores no saben el gasto que se genera por el funcionamiento de estas plantas y tampoco de que manera a ellos se les cobra el servicio de luz.

El servicio de luz ha llegado a tener anomalías que la compañía de luz no logra detectar de forma rápida; esto trae como consecuencias que la gente que necesite la energía eléctrica para hacer sus labores no las pueda cumplir, se busca que la compañía de luz tenga un método fácil y eficiente para localizar la anomalía que haya ocasionado la caída del sistema de luz.

El servicio de telefonía celular se ha convertido ahora en una necesidad básica en nuestra sociedad. Ahora, es común ver a cada persona con un teléfono celular; gracias a estas tecnologías la gente está comunicada y sabe lo que sucede alrededor del entorno a la cual pertenece. Buscamos con la ayuda de estos servicios lograr que los consumidores de energía eléctrica puedan consultar su consumo eléctrico mediante las facilidades que estas tecnologías proporcionan; al mismo tiempo, buscamos explotar el gran potencial que estas tecnologías pueden proporcionar.

1.5.- Alcances y Limitaciones

Tenemos las siguientes metas:

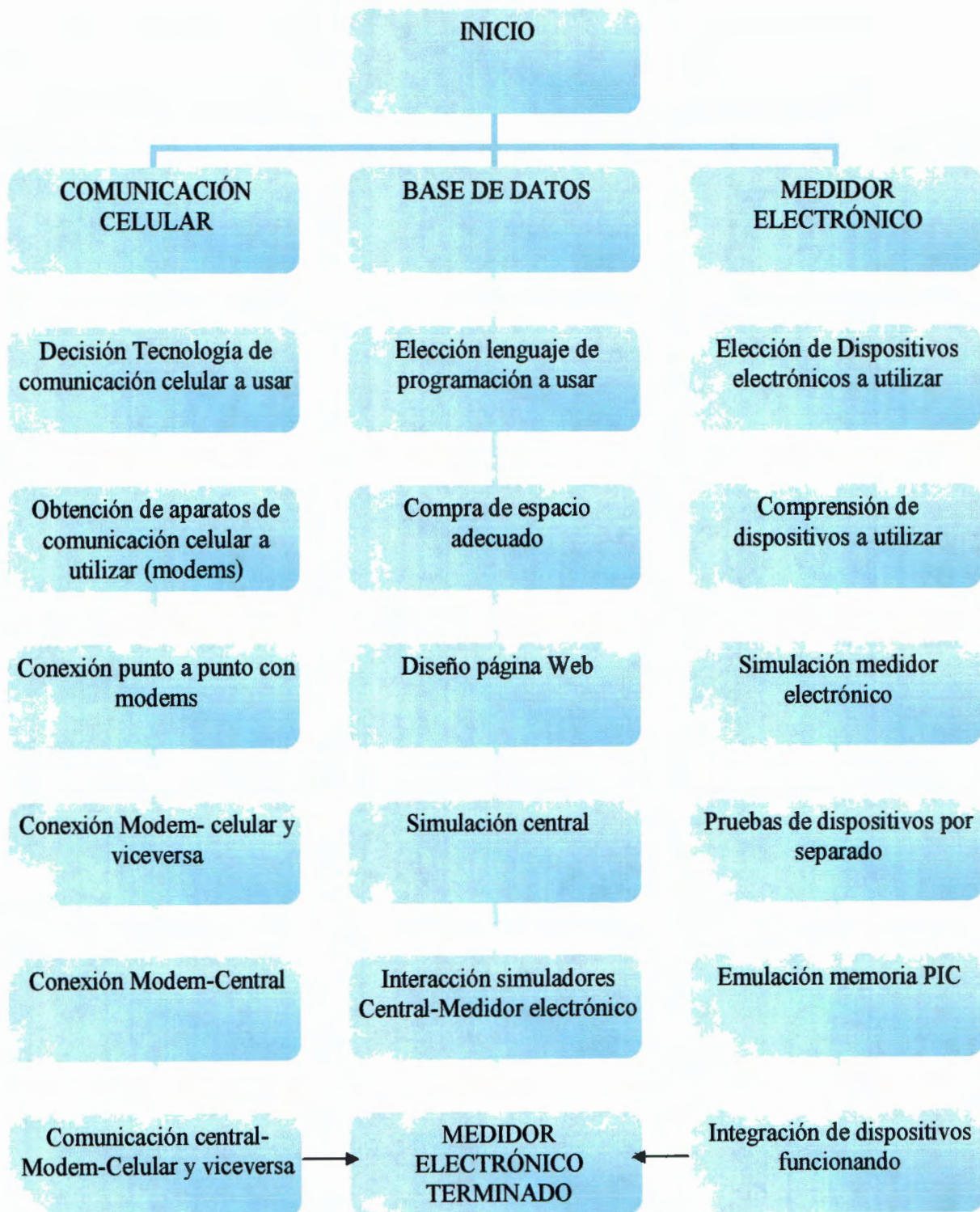
- Diseñar un medidor electrónico que pueda medir el consumo eléctrico.
- Comunicación por medio de las redes GSM del medidor con una central.
- Control de encendido y apagado del medidor por medio del servicio SMS.
- Diseño de la página web en donde se podrá consultar el consumo eléctrico.
- Espacio en donde se almacenarán los datos.

Debido a la falta de tiempo no pudimos lograr lo siguiente:

- Interacción de alarmas con el sistema.
- Control por medio de SMS del medidor.
- Sistema de prepago del servicio de consumo eléctrico.
- Manejo de curvas de consumo por medio de los datos dados por el medidor.

1.6.- Metodología a seguir

Nuestro equipo consta de 3 integrantes y nuestra forma de trabajar fue la siguiente:



2.- Marco Teórico

2.1.- Comunicación celular

La tecnología celular se ha convertido en una de las necesidades básicas en nuestra sociedad tanto en la vida social como en la laboral, existen diferentes tipos de telefonía celular y antes de que tomáramos la decisión sobre que tecnología celular utilizar nos vimos en la necesidad de investigar las tecnologías existentes en el mundo y en nuestro país; éstas son las siguientes:

2.1.1.- GSM

GSM (Global System for Mobile communications): Tecnología desarrollada en Europa perteneciente a una segunda generación de tecnología digital, al principio fue desarrollada para una operación en una banda de 900 Mhz y subsecuentemente fue modificada a las bandas de 1800 y 1900 Mhz.

Esta tecnología permite el Roaming internacional, lo que significa que podemos hablar desde el teléfono celular desde cualquier parte del mundo, además de que nos ofrece el servicio de transmisión de voz, datos y video.

El sistema GSM nos ofrece conversaciones privadas por medio de un proceso llamado encriptación; haciendo difícil la interferencia de la conversación, además de que por medio de autenticación la red detecta si alguna persona está haciendo uso de un equipo autorizado, con esto puede evitarse la clonación de teléfonos.

El uso de esta tecnología es a base de un chip que se inserta en un teléfono celular llamado SIM (Subscriber Identify Module) el cual tiene como funcionamiento controlar el acceso y personalizar nuestro servicio, este chip cuenta con la ventaja de que podemos insertar nuestros directorios telefónicos.

GSM utiliza una variación del acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y es la más utilizada de las tres tecnologías actuales de telefonía inalámbrica (TDMA, GSM y CDMA). GSM digitaliza y comprime voz y datos, y después los envía en un canal junto con otras dos series de datos del usuario en particular. Opera en las bandas de frecuencia de 900MHz, 1800MHz y 1900MHz

Frecuencia 900 Mhz: Es la frecuencia más utilizada en Europa y en el mundo.

Frecuencia 1800 Mhz: Frecuencia utilizada en Francia, Alemania, Suiza, Inglaterra y Rusia.

Frecuencia 1900 Mhz: Frecuencia utilizada por todas las operadoras GSM de Estados Unidos, México, Canadá, Chile y Paraguay.

2.1.2.- PCS

PCS (Personal Communications Systems): Es una terminología usada en los Estados Unidos para definir las redes digitales desarrolladas en la banda de frecuencia de 1900 MHz, esta tecnología ya es poco usada en el día de hoy.

2.1.3.- CDMA

CDMA (Code Division Multiple Access): Es la tecnología digital inalámbrica más moderna que ha abierto la puerta a una nueva y excitante generación de productos y servicios de comunicación inalámbrica. Utilizando codificación digital y técnicas de frecuencias de radio de espectro amplio (RF), CDMA provee una mejor calidad de voz y más privacidad, capacidad y flexibilidad que otras tecnologías inalámbricas.

Esta tecnología se divide en CDMA IS95 y CDMA 2000:

CDMA IS95: permite la transmisión de datos a altas velocidades. Este sistema provee una velocidad de envío de hasta 64 Kbps y permite que los operadores brinden a sus suscriptores un rápido acceso inalámbrico a la Internet, el Intranet y a cualquier aplicación contenida en ellos. Asimismo, soporta el Protocolo de Aplicación Inalámbrica (WAP), servicio de datos que está siendo usado actualmente en teléfonos móviles.

CDMA 2000 es una tecnología de radio transmisión que favorece la evolución de la norma de telefonía cdmaOne/IS-95 de banda angosta a la tercera generación, sumando múltiples operadores. Es la tecnología que permite la comunicación entre aplicaciones que exigen mucha capacidad, como Internet y multimedia, entre otros.

Algunos beneficios de esta tecnología son los siguientes:

Calidad excepcional de voz y comunicación: CDMA provee calidad superior de voz, considerada virtualmente tan buena como la de la línea alámbrica. También filtra los ruidos de fondo, cruces de llamadas e interferencia, mejorando grandemente la privacidad y calidad de la llamada.

Menor consumo de energía: Los teléfonos de CDMA típicamente transmiten con fuentes de energía substancialmente menores que los teléfonos que utilizan otras tecnologías, resultando en una vida más larga para las pilas, lo que redundará en una mayor disponibilidad de tiempo para llamadas y tiempo de espera. Porque se utilizan pilas más pequeñas, los fabricantes pueden también fabricar teléfonos más pequeños y ligeros.

Menos llamadas interrumpidas: CDMA aumenta la capacidad del sistema, eliminando virtualmente señales de ocupado, cruces de llamadas, y llamadas interrumpidas que resultan de la congestión del sistema. Utilizando un sistema patentado de pasar llamadas entre celdas conocido como traslado de llamadas "soft handoff," CDMA también reduce significativamente la posibilidad de llamadas alteradas o interrumpidas durante el traslado de llamadas.

2.1.4.- GPRS

GPRS (General Packet Radio Service): es un Servicio de valor añadido que permite enviar y recibir información utilizando una red de telefonía móvil. El GPRS no está relacionado con el GPS (Global Positioning System), un acrónimo que también se utiliza en el mundo de los móviles. El GPRS tiene algunas particularidades que se mencionan a continuación:

Velocidad: Teóricamente la velocidad máxima es de 171,2 Kilobits por segundo, esta velocidad se consigue utilizando a la vez los 8 slots. Esta

velocidad es 3 veces superior a la que podemos alcanzar con las redes fijas actuales y 10 veces más rápido que el GSM actual.

Inmediatez: GPRS facilita las conexiones instantáneas tan pronto como se necesita enviar o recibir información. Podríamos decir que con GPRS siempre estamos conectados.

Nuevas Aplicaciones, mejores aplicaciones: debido a la mayor velocidad del GPRS, los desarrolladores de aplicaciones pueden mejorar las aplicaciones actuales y desarrollar nuevas aplicaciones.

Acceso a los servicios: Para poder utilizar GPRS se necesita: un teléfono que soporte GPRS (los teléfonos actuales no soportan GPRS), abonarse a un operador que tenga una red GPRS y que el operador nos permita el libre acceso a su red GPRS.

GPRS necesita introducir una interfaz para el intercambio de paquetes dentro de la red GSM actual. Esto permite al usuario usar un servicio de transmisión de datos basado en paquetes. Este cambio es muy complicado, sin embargo, la forma en la que se entregan los paquetes de GPRS standard hace que los operadores sólo tengan que añadir un par de nodos y actualizar el software que controla sus redes actuales.

SMS (Short Message Service): Servicio de mensaje de texto en el cual podemos mandar un mensaje de 160 caracteres a otros usuarios, cada red de telefonía móvil que soporta SMS tiene uno o más centros de mensajería para poder manejar todos los mensajes, este centro es llamado SMSC (Short Message Service Center).

Analizamos la posibilidad de manejar el sistema CDMA o GSM; debido a que estas tecnologías son las más avanzadas en lo que respecta a comunicación celular en México. Para esto, investigamos las empresas que las ofrecen y sus coberturas en nuestro país.

Telcel y Telefónica Movistar son las empresas que ofrecen el servicio de GSM en México y las comparamos para ver cuál de estas tiene mayor cobertura.

Telcel

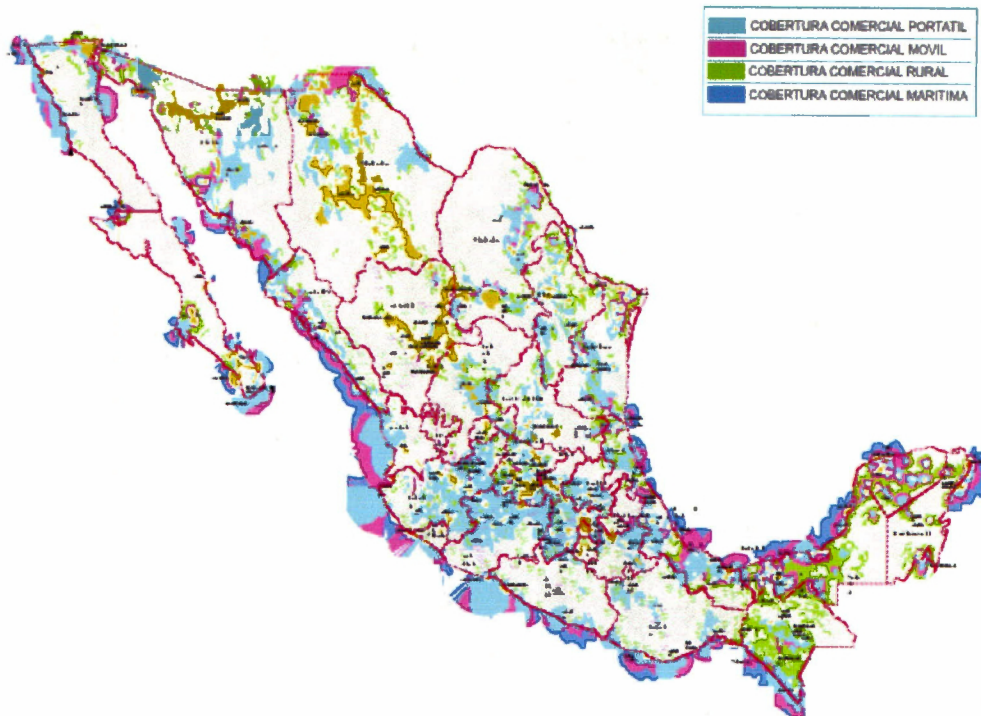


Figura 1. Mapa de cobertura Telcel en México¹

Comercial portátil: el servicio es garantizado con teléfonos de 600mW que pueden variar por la marca y el tipo de teléfono.

Comercial Móvil: el servicio es garantizado con teléfonos de 3 Watts.

Comercial Rural: Puede requerir de antenas Yagui en teléfonos de 3 Watts el cual permite tener una mejor recepción de la señal en los teléfonos de 3 Watts.

Comercial Marítima: servicio que se da por medio de una radio base localizada en tierra y que abarca parte del mar.

La figura 1 muestra la cobertura que ofrece la compañía Telcel en todos sus servicios de telefonía celular en México. Ahora analizaremos la otra compañía de telefonía celular GSM en México.

¹ Imagen de la página <http://www.telcel.com/prodyserv/planesderentamensual/cobertura.html>

Telefónica Movistar



Figura 2. Mapa de cobertura en México²

El servicio de Telefónica MoviStar no tiene cobertura en toda la república mexicana como la tiene Telcel: en la figura 2 podemos ver no hay cobertura de telefónica MoviStar en Zacatecas, Chiapas, Veracruz y que además, este servicio no tiene buena recepción de señal como lo tiene Telcel.

² Imagen de la página <http://www.telefonicamoviles.com.mx/gsm/cobertura/>

Tecnología CDMA

Estas son las ciudades en México en donde CDMA tiene cobertura³:

Empresa	Servicio	Tipo	Equipo	Región
Telefónica Móviles (BAJACEL)	Celular	Comercial	Motorola	Baja California (Región 1)
Telefónica Móviles (CEDETEL)	Celular	Comercial	Motorola	Noreste (Región 4)
Grupo (COMCEL, PORTATEL, TELECOM, SOS) usacell and	PCS	Comercial	Lucent	Baja California y Noreste (Regiones 1 y 4)
Grupo (COMCEL, PORTATEL, TELECOM, SOS) usacell and	Celular	Comercial	Lucent	Ciudad de México, centro y sureste del país (Regiones 5,6,7,8,9)
Telefónica Móviles (MOVITEL)	Celular	Comercial	Motorola	Noroeste (Región 2)
Pegaso Telecomunicaciones S.A.	PCS	Comercial	Alcatel / QUALCOMM	Nacional
Sistemas Profesionales de Comunicacion (UNEFON)	PCS	Comercial	Nortel Networks	México, Guadalajara, Monterrey y principales ciudades.
Telefónica Móviles (NORCEL)	Celular	Comercial	Motorola	Norte (Región 3)

Tabla 1. Empresas que utilizan la tecnología CDMA

Según la tabla 1 la tecnología CDMA es ofrecida por 4 compañías de telefonía celular y ninguna de éstas tienen una cobertura en toda la república mexicana. Entonces, después de analizar estas opciones elegimos utilizar la tecnología GSM de parte de Telcel, ya que además de contar con la cobertura en toda la república mexicana, soporta GPRS que contiene el servicio de conexión punto a punto, soporta SMS (Simple Message Service) y cuenta con planes de acceso viables para poder realizar las pruebas que se requieran.

³ Información de la página <http://www.telnorm.com.mx/anydata/technology/latin.html>

2.2.- Principio de funcionamiento de un watthorímetro monofásico.

El contador de energía activa para corriente alterna, consta de una bobina amperimétrica o elemento motor de intensidad, y una bobina voltimétrica, o elemento motor de tensión, con un ángulo de desfase de 90° entre los dos elementos, que crean un campo magnético giratorio que incide sobre el elemento móvil del contador.

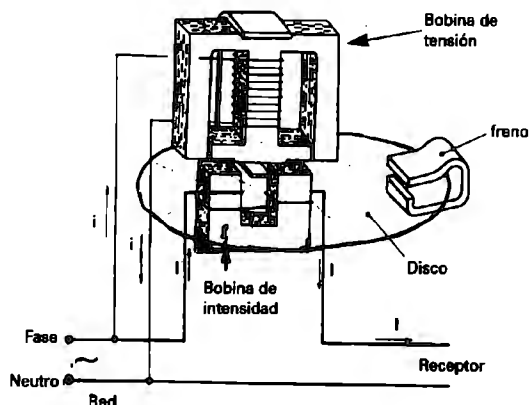


Figura 3. Esquemático de un Wattorímetro

El elemento móvil del contador es un disco de metal no magnético (aluminio por lo general, por su buena conductividad), que gira por el impulso del campo magnético giratorio que se forma.

Solidario y perpendicular al disco, hay un eje fijo que atraviesa el disco por su centro geométrico, que termina en un tornillo sin fin.

El movimiento del disco se transmite a un integrador o catalizador a través de ese tornillo sin fin.

El integrador cuenta las vueltas del disco y las traduce en kWh consumidos.

El único elemento del contador es un imán permanente, o freno, se coloca abrazando el disco y tiene como misión evitar que el disco tome un movimiento uniformemente acelerado o se mueva estando en vacío.

El imán permanente hará que el disco gire a una velocidad proporcional a la potencia activa consumida y se pare nada más que cese el consumo de energía.

2.2.1.- Diseño de medidores

Los medidores son diseñados para diferentes usos, los que nos interesan por ejemplo son de clase 100 que están hechos para medir cargas con 15 Amps pero aguantan hasta 100 Amps. Por ejemplo, los clase 200 están diseñados para medir hasta 30 Amps pero pueden tener una corriente máxima de 200 Amps.

Para estos medidores se toman en cuenta las siguientes variables para determinar el consumo, (Wattshora).

Kh = Watthour constant o test constant, wathoras por revolución del disco.

PKh = Primary wathour constant (wathoras por revolución de disco)

= Test constant X TF

Rr = Register ratio (vueltas de registro de engranaje por revolución{apuntador derecho})

Rs =Shaft gear reduction (razón entre el hueco del rotor y velocidad de engranaje)

Rg = Gear ratio (numero de revoluciones del disco por una revolución del primer contador {apuntador derecho})

TF =Transformer factor = CTR x VTR. (razón de transformadores de Corriente y Voltaje).

Kr = Register multiplier (o dial constant). Multiplica lectura por Kr por kilowatt-horas.

$$Kh = \frac{10000 \times Kr}{Rr \times Rs}$$

$$PKh = Kh \times TF = Kh \times CTR \times VTR$$

$$Kr = \frac{Kh \times Rr \times Rs \times TF}{10000}$$

$$Rg = Rr \times Rs$$

$$Rr = \frac{10000 \times Kr}{TF \times Kh \times Rs}$$

$$Watts = \frac{3600 \times \text{revoluciones del disco} \times PKh}{T(\text{tiempo en segundos de revoluciones del disco})}$$

2.3.- Administración y cobro de energía eléctrica en México

2.3.1 Administración

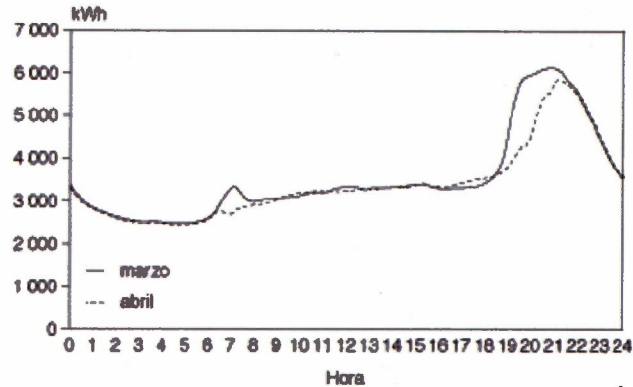


Figura 4. Consumo de energía eléctrica a lo largo del día⁴

Si se analiza la curva desde el punto de vista forma, se puede decir que un usuario "típico" tiene un consumo bajo de las 00:00 horas a las 04:00 horas, pues en ese lapso está dormido y la única energía eléctrica que se utiliza es la del refrigerador y algo de iluminación artificial. A partir de las 04:00 y hasta las 08:00 horas existe un incremento, dado que comienza el uso de energía básicamente en iluminación artificial, tostadores de pan, plancha, etcétera. De las 08:00 a las 18:00 el ama de casa o alguna otra persona se encarga de la limpieza del hogar (casi siempre en el transcurso de la mañana), lo que en consecuencia da un incremento "suave" de energía; al medio día y en las tardes se utiliza luz en la elaboración de la comida, para hacer tareas, ver televisión, escuchar la radio. De las 18:00 a las 21:00 horas se tiene un incremento brusco, debido principalmente al uso masivo de la iluminación artificial; y de las 21:00 a las 24:00 aproximadamente, el uso de energía decrece de manera abrupta, pues el usuario se va a acostar (en forma escalonada).

2.3.2 cobro de energía eléctrica

La electricidad se mide y vende en kWh. Todo aparato eléctrico requiere para su funcionamiento de determinada cantidad de energía, que depende de la potencia o capacidad del aparato y del tiempo de utilización. Un kWh equivale a la electricidad necesaria para encender 10 focos de 100 watts durante una hora.

El importe del recibo que llega al hogar depende de la cantidad de energía eléctrica o kWh que se llega a utilizar.

⁴ Imagen obtenida de la página web

<http://www.cddhcu.gob.mx/bibliot/publica/inveyana/polisoc/horver2/hv2a2.htm>

El medidor se lee como sigue: comienza la lectura del medidor por la carátula del extremo derecho y tomar en cuenta que el sentido de las manecillas se invierte de una a otra carátula, se aplican las siguientes reglas:

- Si la manecilla está entre 2 números anotar siempre el menor y considerar que si está entre el 0 y el 9 anotar el 9.
- Si la manecilla está sobre un número, consultar la posición de la manecilla de la carátula de la derecha. Si esta última ha rebasado el cero, tomar el número señalado. En caso contrario, considerar el número anterior al señalado.

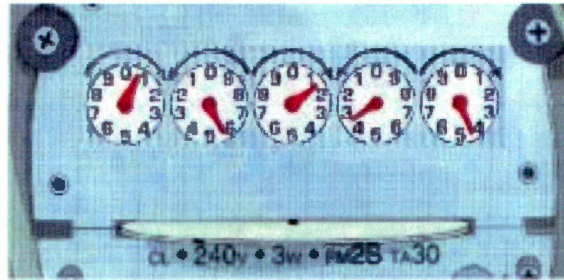
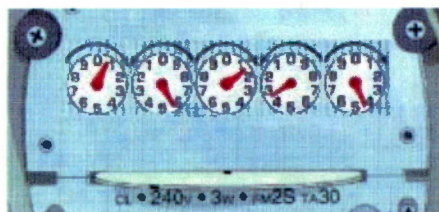


Figura 5. Ejemplo de lectura de un medidor: 05134

En este caso anotamos: 05134

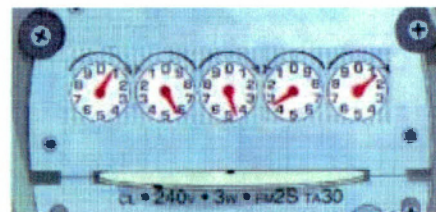
Aquí ponemos un ejemplo de lectura del medidor y de cobro de energía en 2 meses:

La cantidad de energía eléctrica o los kWh que se consume en un bimestre se conoce por la resta entre la lectura actual y la anterior.



Lectura: 0 5 1 3 4

Lectura anterior



Lectura: 0 5 4 3 1

Lectura actual

Figura 6. Ejemplo de lecturas de un medidor para consumo

Total consumo bimestre: $05431 - 05134 = 297$ kWh

2.4.- Bases de datos

Las Bases de Datos son el núcleo del sistema de información de cualquier empresa. La administración y gestión de las mismas constituye, por tanto, un trabajo muy importante dentro de cualquier organización.

Cualquier Base de Datos actual requiere un mantenimiento, basado en una buena Administración y Gestión de los datos que contiene, de los procesos asociados y de los usuarios que pueden acceder.

El Diseño de la Base de Datos es fundamental para obtener cualidades como la Integridad de los datos, la seguridad, el tiempo de respuesta, la concurrencia,... cualidades que deben ser mantenidas mediante la Evaluación y el Análisis, una vez que la Base de Datos entra en funcionamiento.

Entender la arquitectura interna de una Base de Datos es una ayuda muy importante de cara al diseño y la construcción de Bases de Datos relacionales.

Conocer la teoría nos permite realizar consultas más eficientes y detectar los problemas más rápidamente, así como elaborar una solución para los mismos.

Los elementos básicos de una Base de Datos relacional son las tablas y las relaciones entre ellas. La forma de distribuir los datos y de establecer las relaciones queda fijada en el diseño, y es muy costoso cambiar esta distribución una vez que se ha pasado a fases posteriores. Si nuestro objetivo es aprender a diseñar Bases de Datos, debemos conocer y aplicar la teoría de la normalización, basada en extraer las redundancias innecesarias de nuestros sistemas de forma que se eviten problemas tales como la corrupción de los datos o los errores.

2.4.1.- Administración y Gestión

El mantenimiento de una Base de Datos incluye puntos tales como la realización de las copias de seguridad (Backups), la monitorización constante del funcionamiento, las revisiones al registro de transacciones realizadas o la replicación o redundancia de los datos de forma que podamos conseguir una mayor protección contra pérdidas de información.

Una vez que la Base de Datos entra en funcionamiento, el administrador debe prestar una especial atención a su mantenimiento y asegurar una alta disponibilidad de la información contenida en nuestro sistema.

Un administrador debe tener constancia en cada momento de qué usuarios acceden al sistema y con qué permisos lo hacen, así como mantener la Base de Datos lo más actualizada posible y libre de fallos de seguridad conocidos.

El seguimiento de una Base de Datos nos permitirá detectar problemas pequeños antes de que crezcan y se conviertan en problemas potenciales.

Detectar y solucionar los problemas a tiempo nos permitirá obtener un ahorro importante de trabajo y una mayor satisfacción del usuario.

2.4.2.- Evaluación, análisis y diseño

Un buen diseño inicial es el pilar básico de una Base de Datos eficiente. Las optimizaciones en el rendimiento son menos costosas de implementar si se plantean en la fase de diseño que si se plantean en fases posteriores.

Mediante el ajuste de los parámetros de nuestra Base de Datos podemos conseguir mejorar el rendimiento de nuestro sistema. No obstante, no se deben descuidar elementos del Sistema Operativo sobre el que se encuentra instalada la Base de Datos, y revisar la configuración de memoria o los accesos a disco que realizamos.

Un análisis del funcionamiento nos permitirá controlar y corregir los pequeños problemas que puedan surgir en el sistema. Para realizar el análisis, podemos ayudarnos de diferentes herramientas externas que nos darán una visión detallada de cuáles son los patrones de funcionamiento de la Base de Datos y centramos en aquellos apartados más conflictivos.

2.4.3.- Administradores de bases de datos

La mayoría de los sistemas informáticos actuales manejan una gigantesca cantidad de datos y aquellos que están accesibles a través de Internet no son una excepción. La problemática asociada a dicho almacenamiento masivo de información y a su posterior manipulación fue solucionada inicialmente con los denominados sistemas de ficheros, que se basaban en que cada programa importante para una organización tenía almacenados los datos que requería para su funcionamiento en uno o varios ficheros propios. Estos ficheros se diseñaban para un sistema específico y el resto de sistemas disponibles en la misma organización no lo modificaban o leían.

SQL que significa Structured Query Lenguaje, es un lenguaje implementado por diseñadores de bases de datos. IBM inventó SQL, pero la primera versión comercial apareció con la base de datos Oracle. Oracle derrotó a IBM al comercializar la primera implementación.

La teoría de las bases de datos relacionales declara que se han de tener métodos de definición de la naturaleza de los datos, ahora llamado comúnmente lenguaje de definición de datos (DDL, data definition language). DDL permite describir tipos de datos y organizarlos en columnas con nombre de una tabla. También se debe tener unos métodos de manipulación de datos, ahora llamado comúnmente un lenguaje de manipulación de datos (DML, data manipulation language). DML permite recuperar, ordenar y resumir datos. Al mismo tiempo IBM creó SQL, la base de datos que estaba funcionando en una supercomputadora y era atendida por personas especializadas en la administración de bases de datos.

En cierto sentido, debido a su origen, SQL no incorpora un extenso soporte de depuración. Debido a esta naturaleza, además SQL no se presta a un soporte de depuración extenso. Normalmente, SQL no se compila en la máquina donde se crea la consulta y se envía para su procesamiento. En algunas situaciones, hay que enviar la consulta a un servidor de bases de datos, el computador físico donde reside el software de la base de datos, para su compilación. En el mejor de los casos lo que reside en el computador del cliente donde se construye la consulta es un comprobador de sintaxis.

2.5.- Lenguajes de programación para páginas dinámicas

2.5.1.-PHP

PHP es un lenguaje de scripting que permite la generación dinámica de contenidos en un servidor web. Su nombre oficial es PHP: HyperText Preprocessor. Entre sus principales características se pueden destacar su potencia, alto rendimiento y su facilidad de aprendizaje. PHP es una eficaz herramienta de desarrollo para los programadores web, ya que proporciona elementos que permiten generar de manera rápida y sencilla sitios web dinámicos.

PHP fue creado por Rasmus Lerdorf como un conjunto de utilidades para añadir dinamismo a las páginas web. Este conjunto de herramientas ganó rápidamente popularidad y fue posteriormente completamente rediseñado por Zeev Suraski y Andi Gutmans y rebautizado como PHP 3.0. Más tarde se ha vuelto a rediseñar completamente el interprete, añadiéndole más potencia y nuevas funcionalidades, para dar lugar al lenguaje que hoy conocemos como PHP4.

Es un lenguaje de programación que contiene muchos conceptos de C, Perl, y Java. Su sintaxis es muy similar a las de estos lenguajes, haciendo muy sencillo su aprendizaje incluso a programadores novatos.

El código PHP está embebido en documentos HTML de manera que es muy fácil incorporar información actualizada en un sitio web.

2.5.2.- ASP

ASP significa Active Server Pages y es una tecnología desarrollada por Microsoft que se utiliza para crear páginas Web potentes y dinámicas, así como aplicaciones de la WWW sofisticadas.

Active Server Pages usa un componente DLL instalado en un servidor de la Web, para que el procesamiento de un código de ASP se ejecute en el servidor. Cuando un usuario solicita una página Web, el servidor verifica si el archivo solicitado tiene una extensión de archivo .asp. Si el archivo tiene dicha extensión, el componente DLL de ASP lo procesa y luego envía el resultado como un código de HTML al explorador de la Web del usuario. Esto le permite a las páginas de ASP ser visualizadas por todo servidor de la Web.

Los lenguajes de creación de script forman la base de la tecnología de Active. Existen muchos lenguajes de este tipo que pueden utilizarse para escribir un código de ASP. ASP soporta VBScript y JScript, el cual es la versión de JavaScript de Microsoft por defecto. Si desea emplear un lenguaje de creación de script diferente, como REXX, PerlScript o Pitón, debe instalar el lenguaje de creación de Script en el servidor de la Web.

3.- Desarrollo del proyecto

Aquí presentamos una descripción detallada de nuestro proyecto:

La infraestructura propuesta para nuestro proyecto es la siguiente:

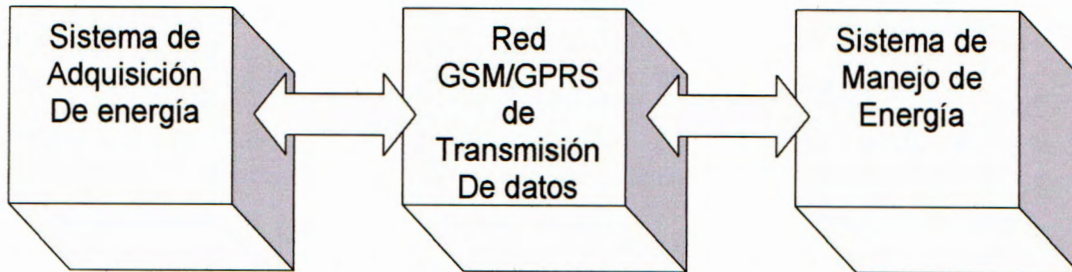


Figura 7. Diagrama de bloques proyecto

3.1 Sistema de adquisición de energía

Nosotros proponemos lo siguiente para la adquisición de datos:

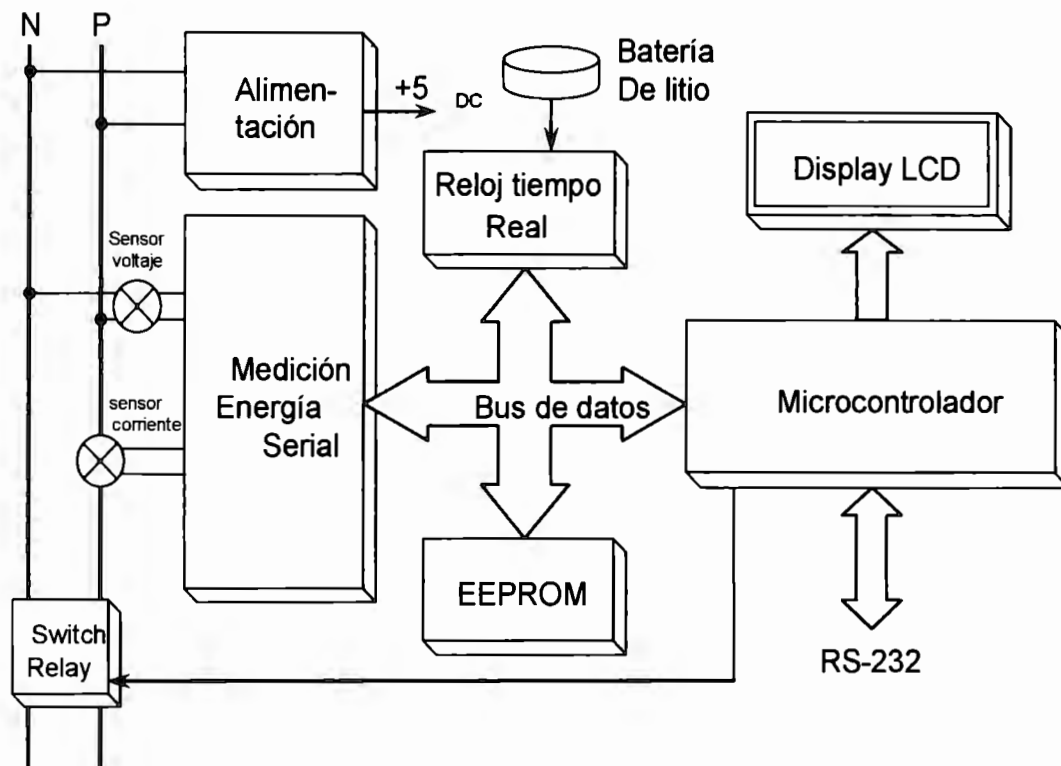


Figura 8. Diagrama de bloques Medidor electrónico

En la parte de medición energía serial tenemos un circuito integrado que es usado para calcular la potencia real en watts, voltaje y corriente RMS de una fase de línea monofásica, el rango de entrada nominal del medidor de energía es de 120 Vrms de voltaje y 20Arms de corriente, esta circuito está comunicado con un microcontrolador por puerto serial (SPI) el cual nos permite calibrar muchos componentes del medidor (ganancia, errores de fase).

El microcontrolador controla todas las funciones del medidor, la comunicación del modem mediante la interfase RS-232 y el envío de datos al display LCD., además de que es capaz de desconectar o restaurar el sistema por medio de un control remoto en caso de que el usuario no haya hecho el pago correspondiente, esta tarea es realizada por el switch relay.

La memoria EEPROM es utilizada para almacenar los parámetros de calibración del medidor y los datos que el microcontrolador le pedirá al circuito medidor en ciertos instantes de tiempo.

El circuito RTC (Real Time Clock) es un dispositivo que cuenta con un código binario decimal (BCD) de calendario que es leído por interfase serial, este código cuenta con información de segundos, minutos, horas, días, meses y años. Su propósito es poner al sistema en coordinación con la fecha para cuando el microcontrolador almacene los datos en memoria, estos se almacenen en tiempo real.

El circuito de medición de energía y el microcontrolador son las partes principales de todo nuestro sistema, por esa razón nos vimos en la tarea de investigar diferentes circuitos medidores de energía eléctrica y de microcontroladores con el fin de asegurarnos de haber hecho una elección adecuada:

Microcontrolador	Microchip PIC16F87	Motorola 68HC05	Intel 8051
Memoria Programable	8k	16k	64K
Memoria EEPROM	256 Bytes	4672 Bytes	64 Bytes
Puertos Entrada/salida	5	4	4
Timers	3 (2 de 8 bits y uno de 16 bits)	1 (16 bits)	2 (16 bits)
Registros de comunicación serial	2 (MSSP, SART)	1 (SIOP)	1 (SCON)
Módulos conversión análogo-digital	8 canales de entrada (10 bits)	4 canales de 8 bits	No cuenta
Memoria RAM	368 Bytes	176 Bytes	128 Bytes

Tabla 2. Comparación microcontroladores

De los tres microcontroladores investigados elegimos el PIC16F87 de Microchip, debido a que nos proporciona los puertos necesarios de entrada/salida que serán utilizados para las lecturas de los otros dispositivos que utilizaremos, esto fue debido a que hicimos la elección de tener un puerto para cada dispositivo utilizado para que pudiéramos tener más facilidad en el manejo de estos mismos. También elegimos este microcontrolador porque nos

proporciona un mayor número de timers los cuales los utilizaremos como interrupciones de alarma cuando hagamos la interfase medidor-modem GSM.

Para los circuitos de medición de energía eléctrica encontramos los siguientes:

Dispositivo	Analog Devices ADE7756	Sames SA9903B	Shangai Belling BL6512
Interfase Serial	Si	Si	Si
Rango de error	Sobre 0.1% en un rango dinámico de 1000 a 1	Sobre un 0.1% en un rango dinámico de 1000 a 1	Sobre 0.1% en un rango dinámico de 500 a 1
Calibración	Corrección canal offset, fase y energía	Fase y energía	En su frecuencia de salida
Carac. principales	2 convertidores A/D, sensor de temperatura, registro de acumulación de energía activa, salida en cero sincronizado con la línea de voltaje	Medida de frecuencia y voltaje RMS	Compatible con configuraciones trifásicas, diseño basado en procesamiento digital de señales.

Tabla 3. Comparación circuitos medición eléctrica

El circuito que elegimos fue el ADE7756 de Analog Devices por que era el más fácil de obtener y además de que nos ofrece ciertas características que hacen que la medición de energía sea más exacta que en los otros circuitos, como en la calibración, este circuito se puede calibrar por la temperatura, por fase y por potencia además de que contamos con un estado de arte muy extenso de este circuito.

El criterio de elección del circuito RTC fue el siguiente: necesitábamos un circuito de tiempo real con alarma para que se puedan hacer interrupciones en el sistema para que el microcontrolador mande llamar los datos de consumo eléctrico

Diagramas de circuitos:

Microcontrolador PIC16F877

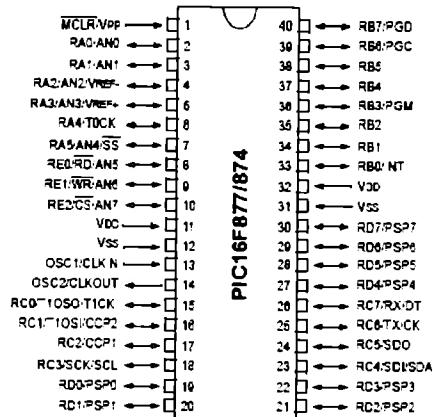


Figura 9. Diagrama de pines microcontrolador⁵

Características Principales:

- Frecuencia de entrada de reloj a 20 Mhz.
- Memoria flash de 8K.
- Memoria RAM de 368 x 8 bytes⁰
- Memoria EEPROM de 256 x 8 bytes.
- Consumo bajo de potencia.
- Set de instrucciones de 35 palabras (ensamblador).
- Módulo de 10 bits conversión analógico-digital de 8 canales de entrada.
- Comunicación en paralelo.
- 4 puertos de 8 bits de entrada/salida.
- 3 timers de interrupción.
- Comunicación Serial en 2 modos (SPI y I²C)

Memoria EEPROM 25AA640

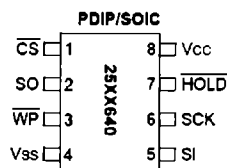


Figura 10. Diagrama de pines memoria EEPROM⁶

Características principales:

- Memoria de 64K serial borrable en forma eléctrica.

⁵ Imagen de pines de microcontrolador obtenida de sus hojas de especificaciones

⁶ Imagen de pines obtenida de hojas de especificaciones

- Acceso vía puerto serial (SPI).
- Señales requieren de una entrada de reloj (SCK) para sincronizar la comunicación.
- Puerto de salida (SI) y puerto de entrada (SO).
- Acceso controlado por una entrada de Chip Select (CS) donde en bajo se selecciona y en alto se desactiva.
- Puerto de protección contra escritura (WP) que en conjunción con un bit llamado WPEN localizado en el registro de STATUS prohíbe o permite la escritura en el dispositivo.
- Un puerto de espera (HOLD) usado para interrumpir transmisión de datos.
- La memoria es utilizada para almacenar los datos que se vayan midiendo y de guardarlos en caso de que haya un apagón y no se pierdan esos datos.

Dispositivo de alarma serial de tiempo real DS1305

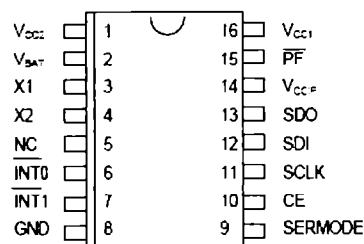


Figura 11. Diagrama de pines RTC⁷

Características principales:

- Tiene un código decimal de reloj el cual se tiene acceso por una interfase serial simple.
- Provee información en binario de segundos, minutos, horas, día, mes, y año.
- El reloj opera en formato de 24 horas o 12 indicadores AM/PM.
- 96 Bytes de NV RAM para almacenamiento de datos.
- 3 pines de alimentación.
- 2 timers programables como alarma que genera interrupción en una combinación programable de segundos, minutos, horas y día.
- Soporta interfase serial SPI.
- Este circuito lo usaremos como alarma que se ajustará en determinado periodo de tiempo para que se transmitan los datos que han sido guardados en la memoria EEPROM hacia la base de datos al mismo tiempo que será una alarma en la cual le dirá al microcontrolador los momentos en los cuales deberá de guardar los datos en la memoria EEPROM.

⁷ Imagen de pines obtenida de hojas de especificaciones

Medidor eléctrico ADE7756 con interfaz serial:

Diagrama del Circuito

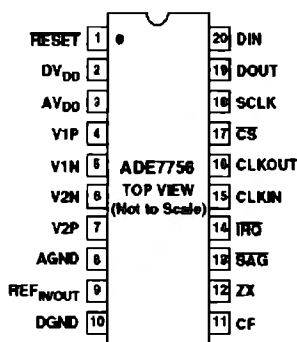


Figura 12. Diagrama de pines ADE7756⁸

Características principales:

- Dispositivo de alta precisión con interfase serial y una salida en pulso.
- Incorpora circuitería de referencia, sensor de temperatura y todo el procesamiento de señal requerido para medir energía y potencia activa.
- Contiene un registro de forma de onda muestreada y un registro de energía activa capaz de almacenar al menos 5 segundos de potencia acumulada a carga completa.
- Tiene un sistema de calibración (para potencia y fase).
- Este circuito es el más importante de nuestro proyecto, ya que está diseñado para hacer interfase con el microcontrolador por medio de cable serial el cual permite al usuario calibrar varios componentes del medidor, incluida la ganancia, el offset y los errores de fase y que es capaz de medir la potencia y la energía monofásica.

⁸ Imagen obtenida de hojas de especificaciones

3.2 Consideraciones de factor de potencia

Dado que la potencia se ha de calcular de la siguiente manera:

$$p(t) = v(t)i(t) = V_I - V_I \cos(2\omega t)$$

El factor de potencia se toma en cuenta en el desfase que se puede presentar al conectar una carga tanto capacitiva como inductiva.

Teniendo la señal de voltaje y de corriente en función del tiempo desfasadas, el factor de potencia es expresado por el ángulo de separación entre el cruce por cero de las dos señales. Así que al ser multiplicadas instantáneamente el valor que se presenta es la potencia real.

La potencia aparente vendría a ser la multiplicación de los valores promedio o rms sin tener en consideración este factor.

Es por tal razón que nuestro sistema de medición cumple con un parámetro extra que no es considerado por los medidores actuales del proveedor de servicio de energía eléctrica.

3.3 Cálculo de potencia instantánea y consumo de energía

Medición de corriente.

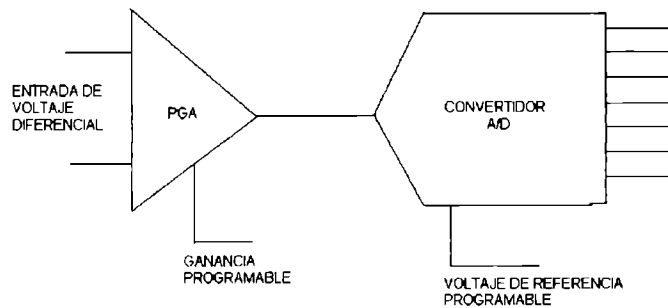


Figura 13. Circuito de adquisición de datos de la corriente

El canal 1 es usado para medir la corriente. El transductor en este caso es un transformador de dona. El valor nominal que debe entrar al integrado tiene un rango de $\pm 1V$, pero este puede variar cambiando el voltaje de referencia a $\pm 1V, \pm .5V$ y $\pm .25V$ de escala completa. Además el PGA con una entrada diferencial completa puede darle una ganancia a cualquiera de estos cinco valores 1, 2, 4, 8 y 16.

Medición de Voltaje.

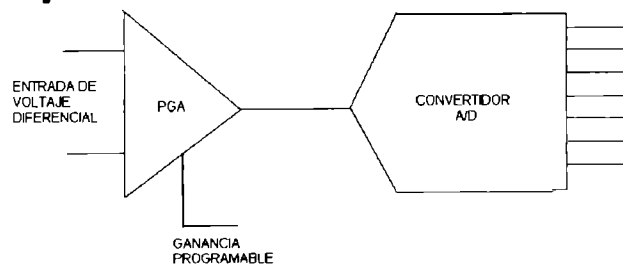


Figura 14. Circuito de adquisición de datos del voltaje

Este es normalmente a través del canal 2. El convertidor AD esta puesto a un rango de entrada de +-1V en escala completa. De igual manera el PGA asociado a este canal puede ser puesto con valores 1, 2, 4, 8, 16.

Señal de Potencia Activa.

La potencia instantánea es calculada por el ADE7756 al multiplicar la carga instantánea de voltaje con la carga de corriente. El resultado es pasado a través de un filtro pasabajas para generar un promedio (potencia activa). El circuito puede ser programado para hacer el cálculo de potencia activa a una tasa de 27,000 muestras/seg a 35000 muestras/seg con un cristal de 3.579MHz.

Cálculos de Energía.

La salida del cálculo de potencia activa es alimentada al bloque de cálculo de energía. Esta es calculada como la suma continua del producto de potencia activa con la muestra del cálculo de una muestra en el tiempo de potencia, esto es cada 1.4µseg. Un registro de 40 bits mantiene el resultado de la energía usada desde la última vez que se ha leído el mismo registro de energía. El largo del registro asegura al menos 10 segundos de carga completa antes de que el registro se desborde. El microcontrolador debe leer en este caso el registro de energía al menos una vez cada 10 segundos. Obviamente una carga menor a la máxima provocará que el tiempo de lectura antes de que el registro se desborde aumente.

La potencia es la razón del flujo de energía desde la fuente hasta la carga en la unidad de tiempo. Esto está dado por el producto instantáneo de las señales de tensión y de corriente. La señal resultante se denomina 'potencia instantánea', y es la velocidad del flujo de energía en cualquier instante de tiempo. La unidad de potencia es el Watt ó Joule/segundo.

Se tiene entonces $v(t) = \sqrt{2}V_{sen}(\omega t)$, e $i(t) = \sqrt{2}I_{sen}(\omega t)$; donde V es el voltaje eficaz e I la corriente eficaz.

Luego tenemos que $p(t) = v(t)i(t) = VI - VI \cos(2\omega t)$

La potencia promedio sobre un número entero de ciclos está dada por:

$$P = \frac{1}{nT} \int_0^{nT} p(t) dt = V.I$$

Donde T es el período del ciclo y P la potencia activa o real. Podemos observar que la potencia activa es igual a la componente continua de la potencia instantánea $p(t)$ o sea V.I. Esta es la relación utilizada para calcular la potencia activa en el ADE7756. La señal de potencia instantánea se genera por la multiplicación de las señales de tensión y corriente. La componente continua de la potencia instantánea es luego extraída por el Filtro Pasabajas para obtener información de la potencia activa. Los cálculos de potencia ó energía en el ADE7756 pueden calibrarse a través del contenido del registro APGAIN. Como

se definió anteriormente, la potencia es la velocidad del flujo de energía. Esta se expresa matemáticamente de la siguiente manera: $P=dE/dT$; donde P es la potencia y E la energía. Por lo tanto, la energía está dada como la integral de la potencia:

$$E = \int p(t)dt$$

El ADE7756 realiza la integración de la potencia activa por la acumulación continua de la misma en un registro interno de 40 bits denominado Active Energy (AENERGY [39:0]). Esta acumulación de tiempo discreto es equivalente a la integración en tiempo continuo, por lo tanto tenemos:

$$E = \int p(t)dt = \lim_{T \rightarrow 0} \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} p(nT)T \right\}$$

3.4 Red GSM/GPRS de Transmisión de datos

El medidor de energía es conectado a un modem GSM/GPRS como se muestra en la figura, el modem enviará los datos almacenados en memoria a la red GSM y el dato será recibido por otro modem GSM/GPRS que estará conectado a la central y a una base de datos en donde se almacenará la información del consumo eléctrico del usuario, el usuario tendrá la opción de consultar su consumo eléctrico, crédito y su fecha de corte desde Internet o por medio de un mensaje SMS de un teléfono celular.

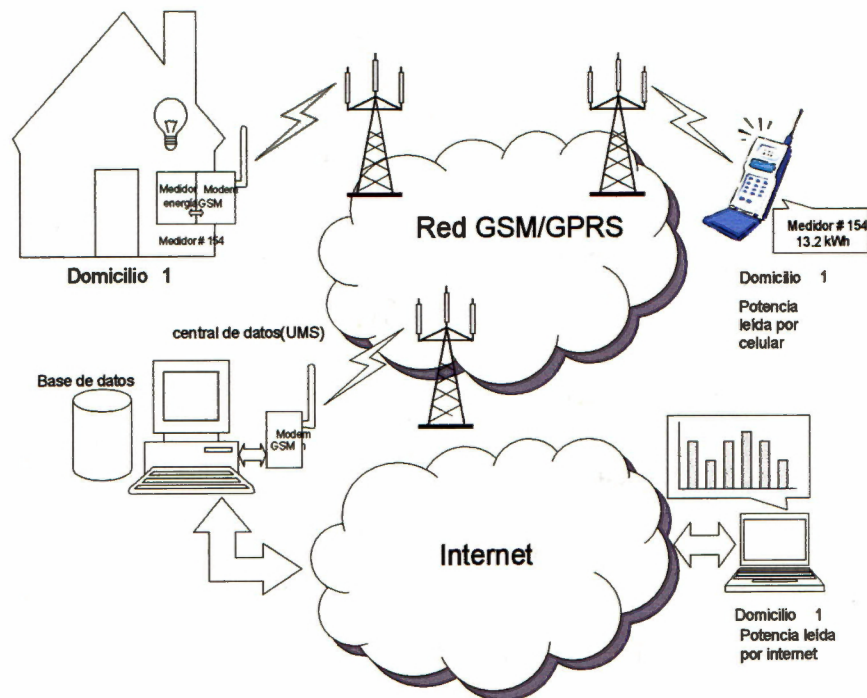


Figura 15. Diagrama del sistema completo

Para tener una mejor administración de los medidores, será necesario configurar cada medidor con una dirección IP de la central como la dirección de destino, esto con el fin de que pueda lograrse una conexión punto a punto de ambos modems, además, la central debe de especificar al modem la dirección

IP del medidor al que se desea conectar, el número de dirección IP dependerá del administrador de la red GSM/GPRS, este tipo de direccionamiento se logra mediante un lenguaje de programación llamado comandos AT, este tipo de programación es el que utilizan los modems GSM para comunicarse entre ellos y con la red GSM.

Los beneficios principales de utilizar esta tecnología inalámbrica son las instalaciones (no es necesario una conexión con cable) y bajo consumo de energía, además de que en nuestros días el sector de telefonía celular está creciendo a pasos muy grandes día con día. La conexión punto a punto maneja una velocidad de aproximadamente 30 Kb/s, utilizando una conexión E1 sería posible incrementar la velocidad de conexión entre el administrador de la red GSM/GPRS y la central, nos podría permitir tener un control del sistema de medidores en la red mas eficiente, la central puede activar o desactivar en forma remota la corriente de energía de cualquier usuario.

Para lograr esta comunicación utilizamos el siguiente Modem GSM/GPRS



Figura 16. Fotografía del modem GSM/GPRS

Este es un Modem GSM/GPRS que conseguimos con la empresa de telefonía celular Telcel, investigamos otras opciones de modems GSM y elegimos esta debido a que se nos daba acceso a la red GSM de telcel y una pronta asesoría en caso de tener algún problema con estos mismos, algunas otras características de este modem son las siguientes:

- Comunicación Tribanda (900/1800/1900 Mhz).
- Interfase serial.
- Software de manejo compatible con sistema operativo Windows.
- Sistema SMS en modo texto, PDU, MO/MT y cell broadcast.
- Funcionalidad GSM de voz full rate.
- Precio: 3500 pesos.

Ventajas:

- Con la adquisición del MODEM, se tiene acceso directo a una línea GSM.

- Renta mensual \$70 mensuales con 1024 Kbytes de envío y \$0.11 por cada Kbyte extra.
- Garantía segura y rápida en caso de mal funcionamiento.

Desventajas:

- Alto costo.
- Tamaño.

3.5 Sistema de manejo de energía

El sistema de pago utiliza un servidor central y una base de datos programada con SQL. La información de medición recibida de cada medidor de energía es almacenada en una base de datos para consulta, pago y estadísticas. Usando este sistema de medición, la compañía puede incorporar un rango múltiple de pago en electricidad similar al sistema de pago del teléfono, por ejemplo, precios diferentes durante el día y durante la noche. El cliente tiene la opción de revisar su consumo de energía eléctrica o pagar el servicio por medio de una página de Internet o por el teléfono celular por medio del servicio SMS, la figura siguiente muestra una interfaz gráfica del usuario con la central de datos.

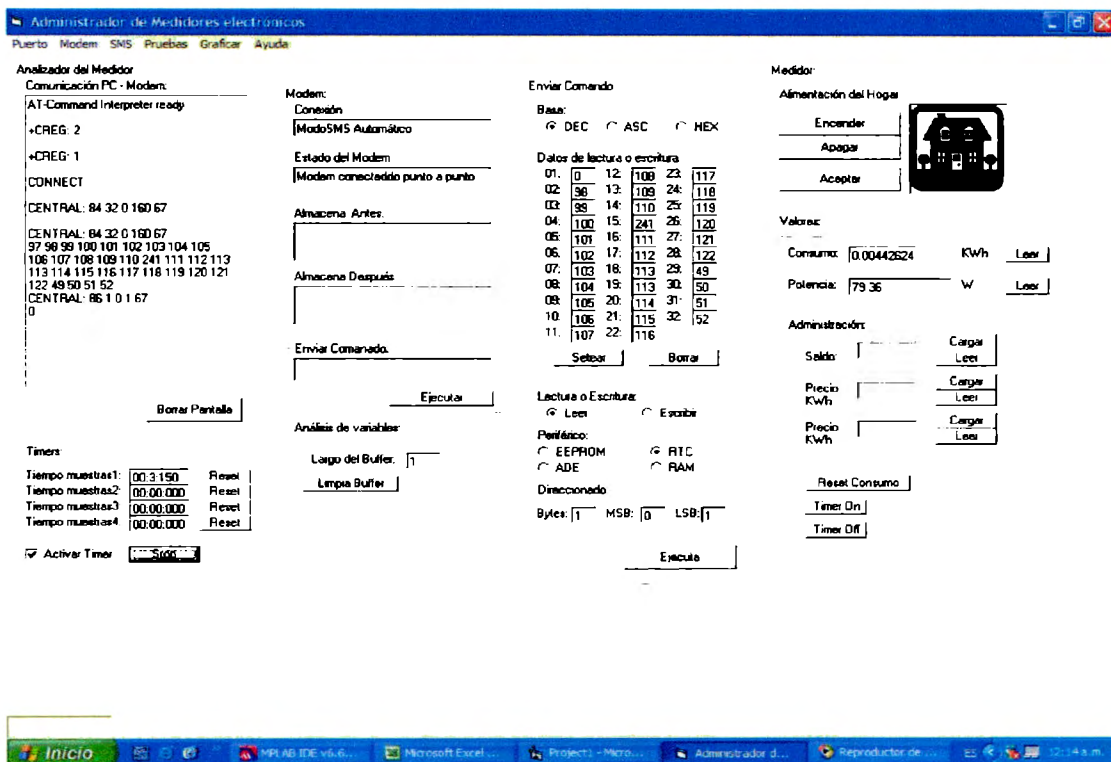


Figura 17. Interfaz diseñada en Microsoft Visual Basic

Una vez que la central tiene las mediciones de energía de un medidor determinado, procesa y almacena el dato en una base de datos general la cual salva la información del consumo en paquetes de datos cada 15 minutos, el objetivo es generar una gráfica que muestre el consumo de cada usuario, toda esta información permite a la central administrar el consumo de cada usuario y manejar diferentes precios a diferentes horas del día, esto con el fin de reducir el consumo eléctrico en el país y generar un ahorro de energía eléctrica.

3.6 Programación del Medidor electrónico

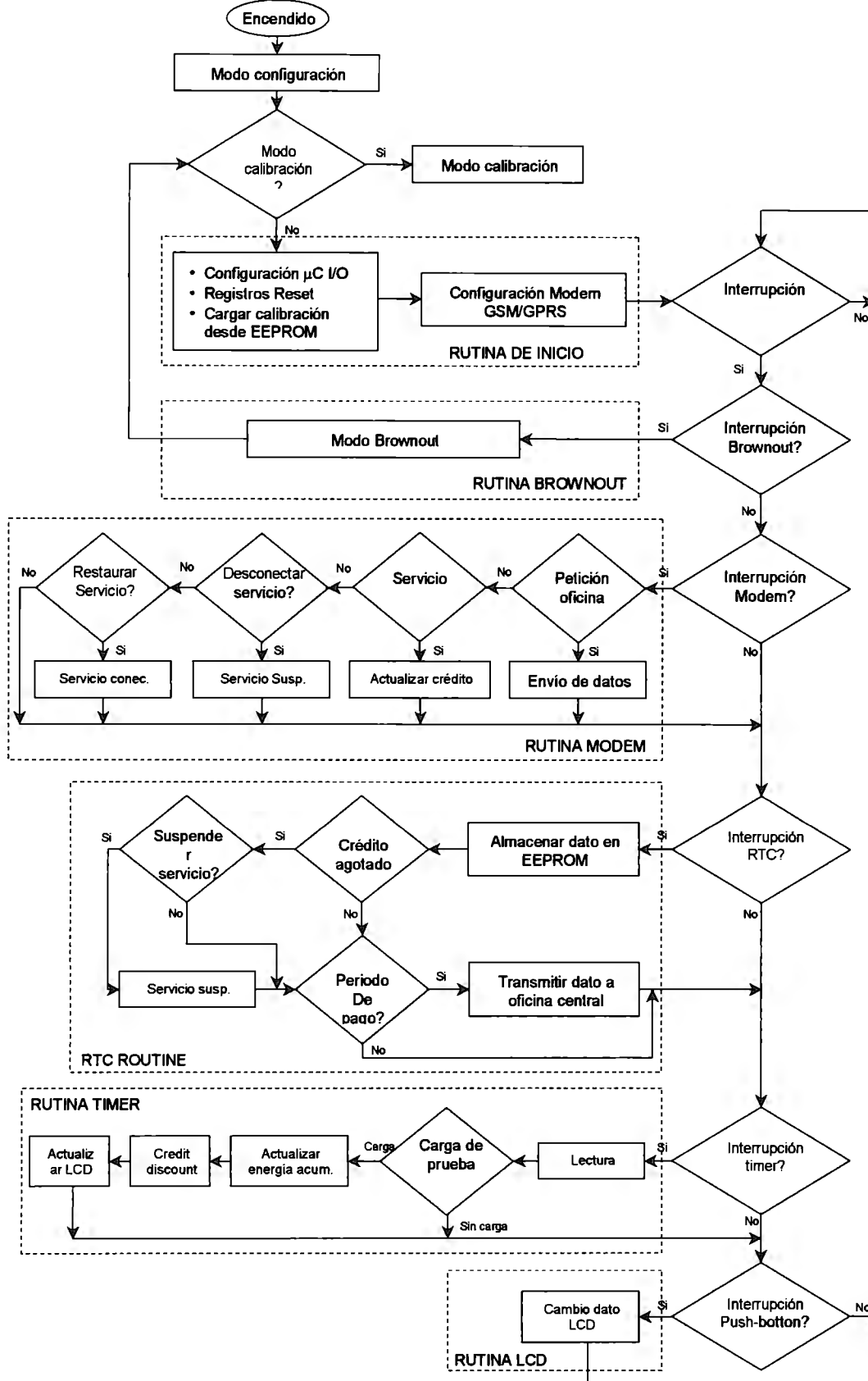


Figura 18. Diagrama de flujo programa medidor electrónico

Cuando se enciende el medidor por primera vez, éste inicia en modo configuración. Se configuran los puertos de salida, y los de entrada, se inicializa el modem, se lee la hora y fecha para saber cuanto tiempo estuvo desconectado y finalmente lee de la memoria EEPROM el consumo acumulado desde la última fecha de corte.

Después de la inicialización el medidor pedirá al medidor IC los datos de consumo en lapsos de 0.5 segundos, esto se realiza con la interrupción del Timer. Después de obtener el dato, se suma al consumo acumulado, se multiplican por una constante de energía, se convierte a valor BCD y finalmente se proyectan al LCD.

Si la central (UMS) desea realizar una petición esta le manda una instrucción de 5 bytes, en donde puede leer o escribir cualquier registro de control del Microprocesador al igual que cualquier dato de la EEPROM, RTC o IC meterring , es por esto que el medidor puede calibrarse desde la UMS. Una vez que la UMS manda una instrucción es recibida por el modem a través del UART y esta instrucción es procesada por el microcontrolador, al final este envía una señal que comprueba que la instrucción fue realizada.

Otra interrupción es la del RTC , esta interrupción se genera en lapsos de 15 minutos, esta interrupción le indica al Microcontrolador que debe guardar la información de consumo en la EEPROM, esto al final de cuentas nos dará una grafica con una resolución de cada 15 minutos. De igual forma cada vez que se cumpla la fecha de corte el RTC enviará una interrupción y el Microcontrolador debe decidir si envia los datos al UMS, si desconecta al sistema por falta de pago.

El sistema cuenta con un push button que cambia la información en pantalla, como consumo mensual, potencia instantánea, fecha, hora y saldo.

3.7 Implementación del sistema

La fotografía muestra el prototipo de medidor digital conectado a un módem GSM/GPRS.

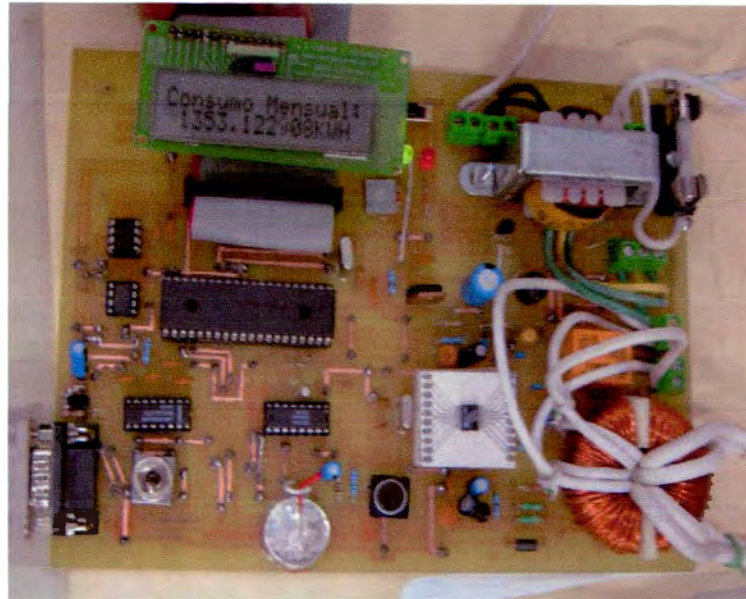


Figura 19. Fotografía circuito medidor electrónico

Para la construcción del sistema de tarificación de energía eléctrica se adquirieron dos módem GSM/GPRS, uno para la conexión al medidor digital y otro para la conexión con la computadora que administra el sistema de tarificación y además sirve de base de datos.

El modem conectado a la central (UMS) lo hace a través de una interfaz serie y se programa por medio de un lenguaje de control llamado AT o Hayes. El modem conectado al medidor electrónico manda los datos registrados mediante mensajes SMS hacia la central, para ello los modems deben estar conectados punto a punto.

3.8 Pruebas del sistema

En cuanto a la comunicación entre el medidor digital, la central de datos y el teléfono celular del usuario, se hicieron las siguientes pruebas SMS punto a punto con éxito: modem-celular, celular-modem, utility Management Server-modem-celular y por último la prueba de conexión de modem de base de datos con el modem del medidor electrónico, para la parte del medidor electrónico medimos la linealidad del ADE7756 una vez que fue inicializado.

3.8.1 Punto a punto

Para hacer esta conexión es importante que se tome en cuenta que se debe de contar con direcciones IP fijas y el APN al que tiene acceso. Por lo tanto necesitamos saber la IP del módem al que queremos conectarnos para hacer el punto a punto. Todo esto se hace en hyperterminal, se conecta por medio del Puerto Serie y a una velocidad de 115200:

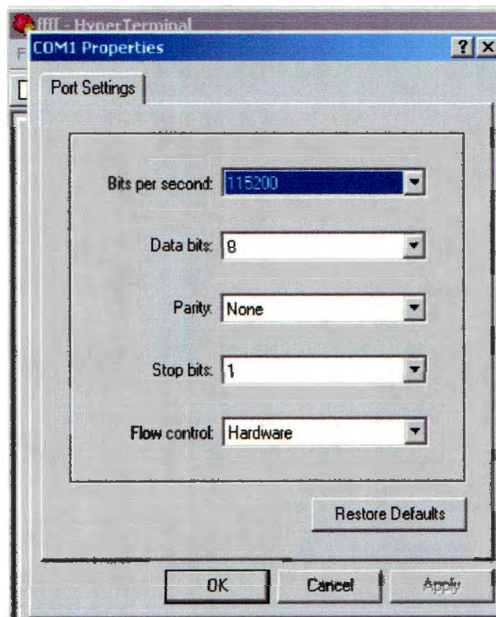


Figura 20. Configuración comunicación punto a punto

Para cuestiones de este ejemplo tomamos como la IP destino la 010.204.52.65 y el puerto 1719. Después de entrar al hyperterminal teclear:

```
At ENTER
OK
ATE1
OK
at+cgdcont=1,"IP","empresarial.itelcel.com" ; (APN)
OK
at$areg=2 ; Para que se registre el equipo en la red
OK
at&w ; Para guardar cambios en el módem
OK
```

```
at$netip? ; Para checar la IP del SIM
100.100.100.100 100.100.100.100 100.000.100.000 (IP, Gateway,
Gateway)
at$areg=1
NO CARRIER
at$padst="010.204.052.065",1719 ; Se le indica el destino
OK
at$padsrc=1719
OK
at$friend=1,0,"010.204.52.65"
OK
at$hostif=1
OK
at&w
OK
at$areg=2
OK
```

CONNECT

Se deben de hacer los pasos anteriores en ambos módems para lograr la conexión, después de que apareció CONNECT en ambas pantallas de Hyperterminal, cada mensaje escrito en alguna de las 2 computadoras que están conectadas punto a punto debe de aparecer en la otra computadora, con esto logrado se confirmó el logro de la conexión punto a punto de los módems.

Para salir de la conexión punto a punto sólo se tecléa "+++"

3.8.2 Modem-celular y celular-modem

Directamente del Modem podemos mandar un mensaje a cualquier número celular, esto se hace de la siguiente manera:

- El Modem no debe estar en conexión punto a punto.
- Se usa el siguiente comando en Hyperterminal: AT+CMGS="numero celular de destino", mensaje a escribir (cuando se termina el mensaje se debe de tecléar control+z).
- El Modem enviará el mensaje.
- El mensaje será recibido por el teléfono celular.

3.8.3 base de datos-modem-equipo celular

En esta parte se diseñó un simulador de base de datos y del medidor en el lenguaje de programación Visual Basic, aquí hicimos interactuar el modem con el simulador de la siguiente manera:

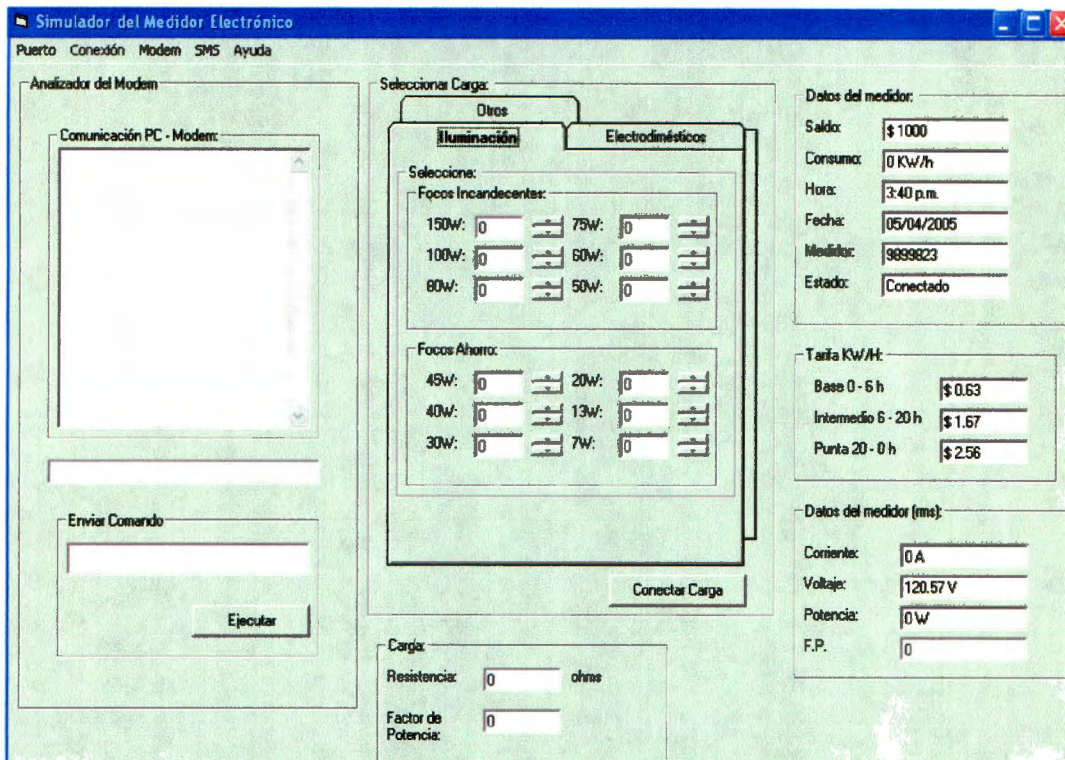


Figura 21. Simulador de un medidor electrónico diseñado el Microsoft Visual Basic

En la pantalla de comunicación PC-modem saldrán los comandos necesarios que nos dirán que la conexión del modem con la computadora ha sido activada, en el cuadro de datos del medidor estará el consumo que se esté registrando, el saldo registrado y los datos necesarios para administrarlos bien, así también estarán las tarifas que se estén manejando dependiendo de la hora que sea y los cuadros de en medio de la pantalla es el registro de los aparatos eléctricos que están prendidos.

Esta prueba consistió en mandar un mensaje desde un equipo celular hacia el modem, el mensaje consistía en hacer una petición a la base de datos de información sobre el consumo registrado, los pasos a seguir fueron los siguientes:

- Se mandó un mensaje SMS de INFO por un equipo celular hacia el modem.
- El modem recibió el mensaje del celular.
- La base de datos procesó el mensaje y la respuesta correspondiente a éste (en el momento del procesamiento del mensaje el modem había sido desconectado de la red).
- El modem se conectó a la red para mandar la respuesta correspondiente al número celular que hizo la petición.
- El mensaje fue recibido por el celular.

3.8.4 modem de base de datos con modem de medidor electrónico

Esta prueba fue realizada de la siguiente manera:

Conectamos un modem a una computadora simulando ser la base de datos.

Conectamos el otro modem a otra computadora simulando ser el medidor.

En cada computadora se utilizó el simulador diseñado tanto para ser la base de datos como el medidor.

Desde el modem de base de datos se mandó una petición de transmisión de datos de consumo registrados en el medidor.

Los modems se conectaron punto a punto para realizar la transferencia de datos.

Los datos fueron recibidos satisfactoriamente por la base de datos y entonces los modems se desconectaron.

3.8.5 ADE7756

Se inicializó el ADE, se tomaron los datos en binario que se nos fueron proporcionando en cierto periodo de tiempo con 1 foco prendido, luego 2, hasta llegar a los 4 focos prendidos simultáneamente; estos fueron los resultados:

Tiempo (segundos)	Potencia	Bytes en decimal					Energía Acumulada
5	75	0	8	122	175	55	142257975
5	75	0	8	122	175	55	142257975
15	75	0	23	10	37	146	386540946
30	75	0	45	31	56	172	757020844
60	75	0	90	65	127	11	1514241803
Tiempo (segundos)	Potencia	Bytes en decimal					Energía Acumulada
0	150	0	0	0	0	0	0
5	150	0	17	113	51	164	292631460
15	150	0	45	5	23	52	755308340
30	150	0	91	180	107	124	1538550652
60	150	0	184	88	232	254	3092834558
Tiempo (segundos)	Potencia	Bytes en decimal					Energía Acumulada
0	225	0	0	0	0	0	0
5	225	0	27	7	225	43	453501227
15	225	0	77	69	8	49	1296369713
30	225	0	155	58	214	0	2604324352
60	225	1	52	41	86	27	5170091547
Tiempo (segundos)	Potencia	Bytes en decimal					Energía Acumulada
0	300	0	0	0	0	0	0
5	300	0	34	214	124	98	584481890
15	300	0	98	129	151	189	1652660157
30	300	0	202	97	66	4	3395371524
60	300	1	143	62	148	26	6698210330

Tabla 4. Pruebas de medición ADE

Para el cálculo de la energía total se hizo lo siguiente: se tomó el bit menos significativo y se fue sumando el otro bit que está a su izquierda pero

multiplicado por la potencia que le corresponde: $\text{bit1} + \text{bit2} \cdot 2^8 + \text{bit3} \cdot 2^{16} + \text{bit4} \cdot 2^{24} + \text{bit5} \cdot 2^{32} + \text{bit6} \cdot 2^{64} + \text{bit7} \cdot 2^{128} + \text{bit8} \cdot 2^{256}$. Esta es una cantidad adimensional que el ADE nos entrega como resultado del procesamiento del consumo eléctrico que va registrando, pero debido a la gran cantidad a la que llega la energía, para hacer la gráfica de regresión lineal sólo se tomaron los últimos 3 bits de cada periodo de tiempo y estos fueron los resultados:

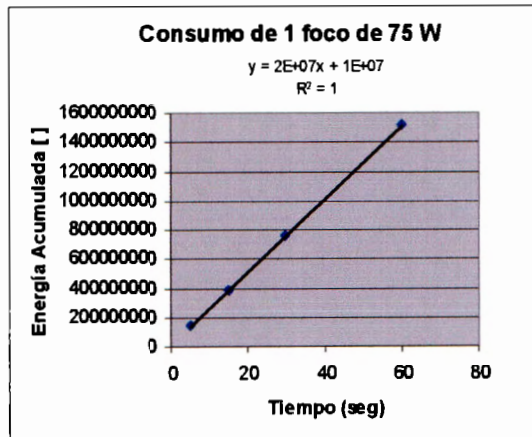


Figura 22. Gráfica de consumo de energía eléctrica 75W

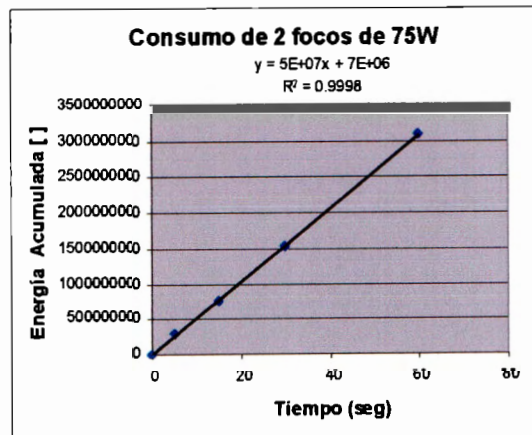


Figura 23. Gráfica de consumo de energía eléctrica 150W

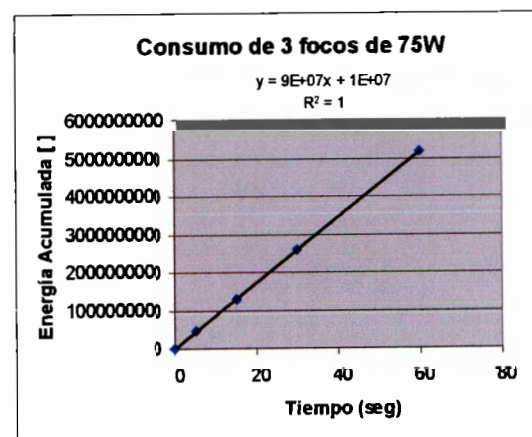


Figura 24. Gráfica de consumo de energía eléctrica 225W

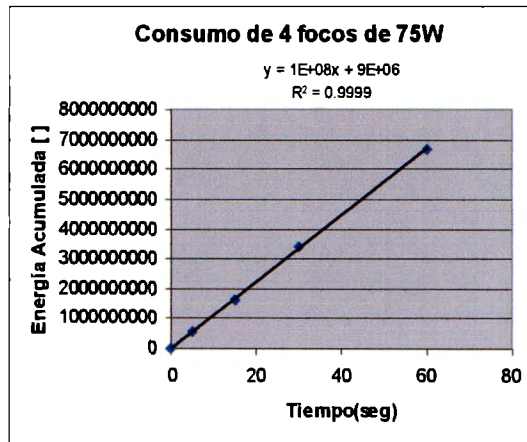


Figura 25. Gráfica de consumo de energía eléctrica 300W

En las 4 gráficas podemos ver que tenemos una regresión lineal de 1, entonces nuestro ADE es confiable y podemos trabajar con el sin problemas.

Se han hecho pruebas de funcionamiento del LCD, se diseñaron etiquetas en donde se encuentran ciertos textos que salen en el LCD y se logran cambiar presionando un botón.

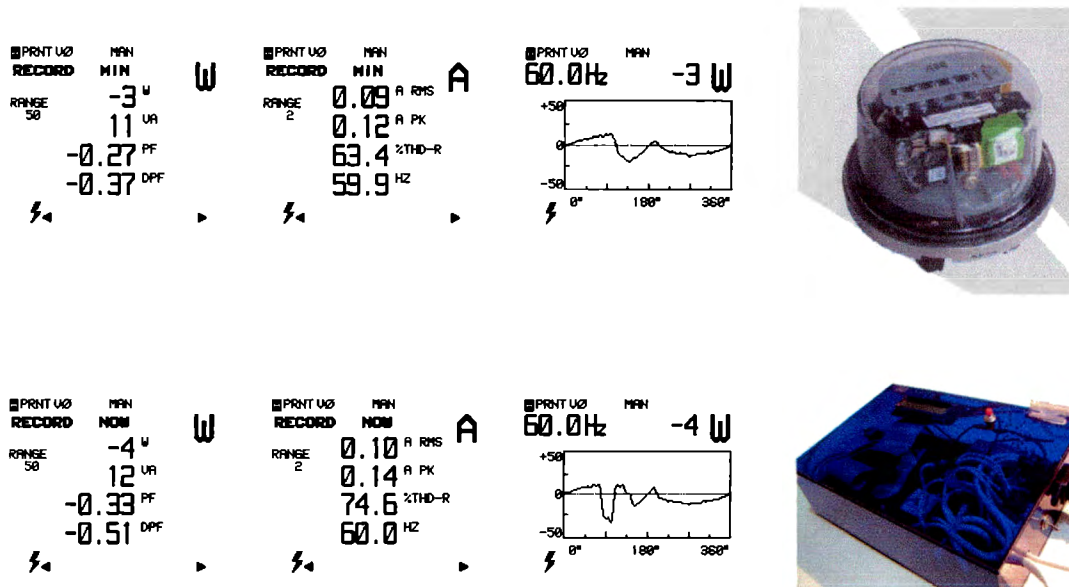


Figura 26 Gráficas comparativas de consumos de potencia

Se tomaron consideraciones prácticas para obtener el valor de potencia que nuestro sistema de medición necesitaba para operar.

Con la ayuda del analizador de harmónicas fluye 41B, obtuvimos las gráficas anteriores para un medidor típico y nuestro prototipo.

Para realizar la prueba los dos medidores se conectaron al suministro de energía sin la presencia de carga alguna. El gancho del analizador se colocó antes de uno de los cables de entrada. Las terminales de voltaje se pusieron en los respectivos cables de alimentación.

Se puede notar que su desempeño es muy parecido, los dos presentan un consumo de corriente similar, de la misma manera la potencia requerida para el funcionamiento varía en 1 Watt.

Tenemos como conclusión que este valor puede reducirse para nuestro sistema si se le coloca una fuente de alimentación más eficaz cambiando el transformador.

3.9 Resultados

Medidor electrónico de potencia típico de hogar con 2% de error de medición.

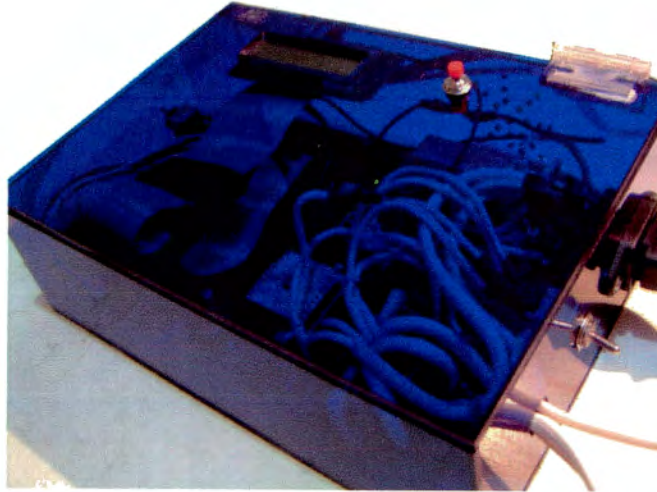


Figura 27. Fotografía medidor implementado

Sistema de microcontrolador con capacidad de procesar datos de medición para su posterior envío mediante un módem.

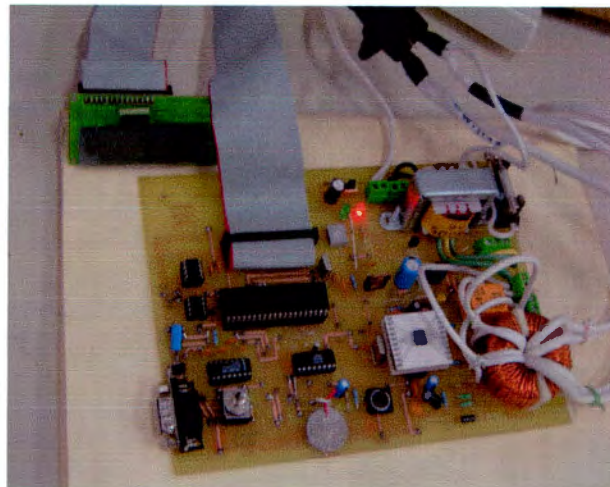


Figura 28. Fotografía circuito medidor electrónico

- Consumo eléctrico almacenado en memoria del sistema.
- Comunicación total del sistema administrativo y de medición mediante la red GSM/GPRS.

Emulador con la capacidad de acceder a todos los componentes del sistema de medición mediante el puerto serial (SPI).

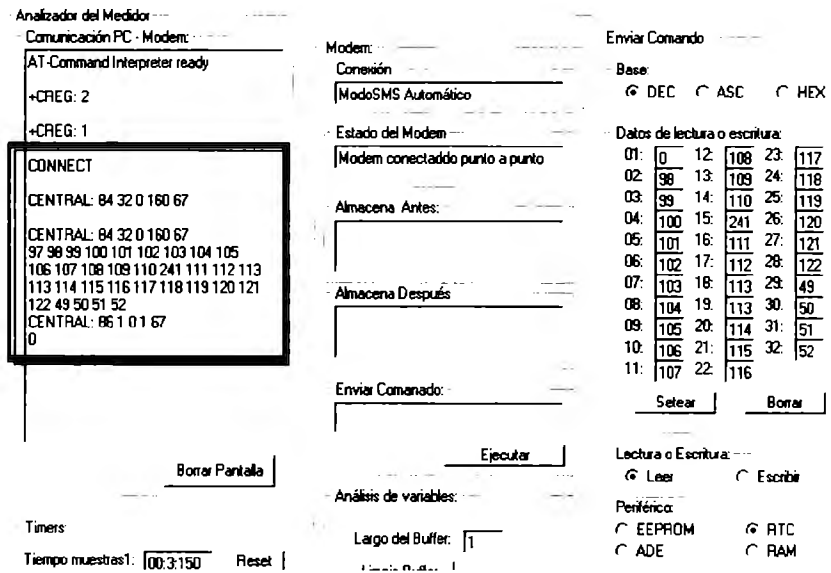


Figura 29. Central diseñada en Microsoft Visual Basic

- Base de datos en la Central Administrativa capaz de procesar los datos adquiridos.

Sitio Web en el que el usuario puede observar diversos parámetros proporcionados por el proveedor de energía eléctrica.

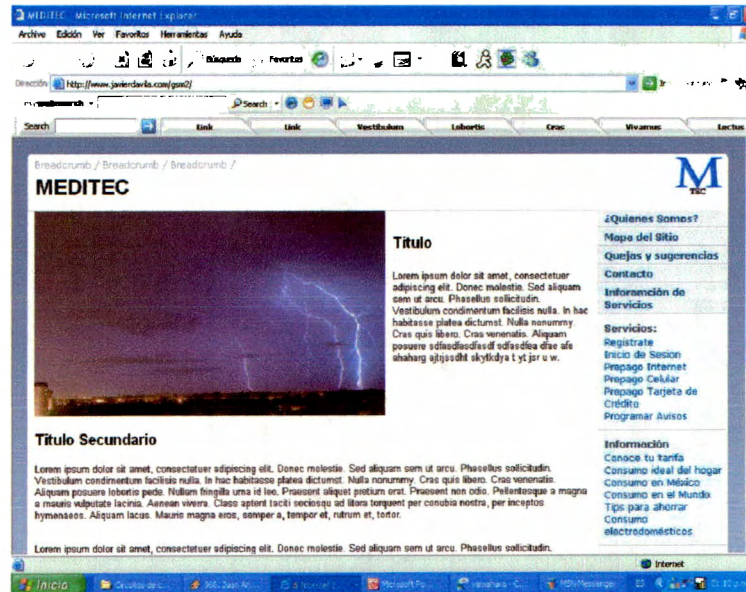


Figura 30. Pagina web de consulta de consumo eléctrico

- Interacción vía celular del usuario con su medidor eléctrico y con la Central Administrativa.

4.- Análisis de costos

Producto	Precio unitario	mayoreo	Cantidad	Precio total
PIC16F877	\$84.94	\$ 57.49	1,000.00	\$57,487.50
DS1305	\$39.04	\$ 20.70	1,000.00	\$20,700.00
ADE7756	\$32.18	\$ 25.99	1,000.00	\$25,987.50
MAX202	\$27.00	\$ 16.20	1,000.00	\$16,200.00
25AA640	\$12.60	\$ 7.76	2,000.00	\$15,525.00
transformador de voltaje 9v/300mA	\$33.00	\$ 18.50	1,000.00	\$18,500.00
Bobina inductora	\$20.00	\$ 10.00	1,000.00	\$10,000.00
fusible de 2 Amps.	\$3.00	\$ 0.60	1,000.00	\$600.00
batería de litio 3V 80 mA	\$11.00	\$ 4.80	1,000.00	\$4,800.00
LCD	\$48.63	\$ 24.79	1,000.00	\$24,790.00
tarjeta de cobre	\$27.00	\$ 15.00	1,000.00	\$15,000.00
switches de encendido/apagado	\$5.00	\$ 2.50	2,000.00	\$5,000.00
Push Botton	\$3.00	\$ 1.50	1,000.00	\$1,500.00
Capacitor 220 Microfaradios (6.3 V)	\$2.18	\$ 1.59	2,000.00	\$3,186.00
Capacitor 100 nanofaradios (50V)	\$1.25	\$ 0.33	8,000.00	\$2,600.00
Capacitor 33 nanofaradios (50V)	\$1.12	\$ 0.45	4,000.00	\$1,792.00
Capacitor 22 picofaradios (50V)	\$1.12	\$ 0.45	4,000.00	\$1,792.00
Capacitor 10 microfaradios (6.3V)	\$1.34	\$ 0.34	2,000.00	\$672.00
Capacitor 330 microfaradios (50V)	\$3.44	\$ 2.48	1,000.00	\$2,475.00
Resistencia 1k	\$0.92	\$ 0.10	4,000.00	\$412.000
Resistencia 10k	\$0.92	\$ 0.10	7,000.00	\$721.000
Resistencia 820 Ohms	\$0.92	\$ 0.10	1,000.00	\$103.000
Resistencia 255k	\$0.92	\$ 0.10	2,000.00	\$206.000
Resistencia 10 ohms	\$0.92	\$ 0.10	1,000.00	\$103.000
Resistencia 2.2 Ohms	\$0.92	\$ 0.10	2,000.00	\$206.000
Resistencia 100 Ohms	\$0.92	\$ 0.10	4,000.00	\$412.000
Inductor 250 Mh	\$15.00	\$ 10.00	2,000.00	\$20,000.00
Inductor 430 Mh	\$15.00	\$ 10.00	2,000.00	\$20,000.00
Cristal 3.579 Mhz	\$13.00	\$ 5.70	1,000.00	\$5,700.00
punteo rectificador	\$9.00	\$ 3.90	1,000.00	\$3,900.00
regulador 5 V	\$6.00	\$ 2.70	1,000.00	\$2,700.00
Cristal 32 Khz	\$9.27	\$ 3.96	1,000.00	\$3,960.00
Total:				\$287,030.00
Precio Unitario:				\$287.03

Tabla 5. Presupuesto material para 1000 medidores electrónicos

5.- Conclusiones

5.1 Perspectiva y trabajo a futuro

- Disminuir errores de medición.

En la práctica encontramos que nuestro sistema tiende a una descalibración dependiendo del tiempo de encendido, lugar físico donde se encuentre y la temperatura.

Los registros de calibración que se encuentran en la RAM del sistema de medición deben de cambiarse continuamente para ajustar el sistema, estos tienen un tamaño de 2 bytes, entre mayor puntos decimales se consideren el sistema tenderá a disminuir este error..

Se deberá ajustar un sistema que no permita interactuar flujos magnéticos externos con el sistema base, además de mantenerlo a una temperatura estable.

- Aplicación del RTC para interrupciones temporales

El futuro funcionamiento de este reloj dará pauta a continuar con el proceso de acumulación de energía en la memoria EEPROM y poder ser distribuida cada 15 min.

- Hardware y Software de calibración automática

En un trabajo futuro se desea desarrollar un hardware y software versátil y portátil que pueda sustituir el trabajo del emulador para la calibración en la instalación de cada equipo.

- Optimización de Software

El programa realizado para la manipulación de todas las interrupciones es muy extenso, lo que genera tiempos perdidos en procesamiento de datos. Al mismo tiempo se podrían encontrar recursos de memoria que puedan ser reutilizables.

- Optimización de recursos físicos

El sistema propuesto puede ser reducido en tamaño al implementarse en un PCB manipulado por software.

- Encontrar un modem que solo tenga los recursos necesarios.

- Desarrollo de modelo industrial

Como parte de la aplicación en la industria para seguir teniendo pruebas y hacer más eficiente el sistema, se debe contar con un modelo industrial diseñado para un correcto desempeño.

- Implementación del sistema en un área específica

Para dar a conocer las aplicaciones y beneficios que nuestro proyecto necesita, es necesario implementarlo en una zona específica de la ciudad. Inicialmente se piensa en condominios o zonas urbanas de poca extensión.

- Anidar varios Medidores a un solo modem

Con el fin de tener una buena administración en una zona específica, se desea conectar diversos dispositivos de medición a un solo módem. Esto además reduciría costos para la empresa.

- Aplicación real de la interacción Medidor, Sistema de Comunicación y Bases de Datos.

Una vez efectuada la instalación del sistema en una zona, se buscará implementar el programa de administración situado en la central de datos principal.

5.2 Comentarios

Francisco Tapia

A pesar de que aún faltan detalles que considerar, hemos logrado resultados considerables que no se pensó que se tendría. El hecho de haber logrado la interfaz de los modems con el diseño de nuestro medidor logramos un resultado muy grande, ya nada más faltaría trabajar en más a fondo la interacción del usuario con el consumo de energía eléctrica a través del servicio SMS (Simple Message Service). Aún falta trabajar un poco más a fondo con el circuito medidor de corriente eléctrica, ya que contiene muchos detalles que se deben de considerar para que se pueda lograr una medición de consumo eléctrico exacta y con un rango de error que no afecte el consumo obtenido.

Javier Dávila

Este fue un proyecto muy ambicioso en donde se cubrieron aspectos muy generales, se investigó y trabajó mucho. Los resultados fueron muy buenos para el tiempo que se tuvo. Si, sin embargo para que este proyecto pueda ser aplicable se requiere trabajar en aspectos muy específicos de cada área, realizar pruebas para asegurarse que todo funciona a la perfección y podamos decir que el proyecto es confiable.

Aprendí mucho, aprendí la estructura y la forma de funcionamiento de un nuevo microcontrolador introduciéndome a la familia de los PIC de Microchip. También aprendí a manejar un modem GSM/GPRS. Aprendí a manejar la interfaz de puerto Serie de una PC, Aprendí a utilizar SQL y a programar en PHP. Aprendí a utilizar la interfaz SPI y lo más importante aprendí a trabajar en equipo.

Carlos Vega

El desarrollo del proyecto consistió en la unión de la mayoría de los conocimientos y habilidades adquiridas durante los estudios de ingeniería electrónica y comunicaciones.

Estas bases fueron fundamentales para la realización de investigación e implementación de una idea a nivel profesional.

La idea de implementar físicamente este proyecto fue impulsada por el deseo de convertirnos en excelentes ingenieros con una tesis de calidad,

donde demostráramos nuestras capacidades y encontráramos nuestras debilidades.


El equipo de trabajo fue fundamental, tomándose buenas decisiones en los momentos precisos. Colaboración y dedicación son dos palabras que utilizo para definir el trabajo final.

6.-Referencias

- <http://www.cfe.gob.mx>
- <http://www.telcel.com>
- <http://www.movistar.com.mx>
- <http://www.microchip.com>
- <http://www.maxim-ic.com>
- <http://www.analog.com>
- Manual comandos AT modem GSM/GPRS enfora
- Set de instrucciones PIC16F877
- Chung-Ping Young; Devaney, M.J.; "Digital power metering manifold"; Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, Volume: 47, Issue: 1, Feb. 1998, Pages: 224–228.
- Devalaraju, P.; Wobschall, D.; "A web-enabled digital power meter"; Sensors, 2003. Proceedings of IEEE, Volume: 2, 22-24 Oct. 2003, Pages: 970–973.
- Koay, B.S.; Cheah, S.S.; Sng, Y.H.; Chong, P.H.J.; Shum, P.; Tong, Y.C.; Wang, X.Y.; Zuo, Y.X.; Kuek, H.W.; "Design and implementation of Bluetooth energy meter"; Information, Communications and Signal Processing, 2003 and the Fourth Pacific Rim Conference on Multimedia. Proceedings of the 2003 Joint Conference of the Fourth International Conference on, Volume: 3, 15-18 Dec. 2003, Pages: 1474–1477.
- Jamil, M.; Munir, F.; Khan, A.A.; Mirza, A.; "Telemetry & billing system for spatially distributed electrical power clients"; E-Tech 2004, 31 July 2004, Pages: 35–40.
- Al-Qatari, S.A.; Al-Ali, A.R.; "Microcontroller-based automated billing system"; Industrial Automation and Control: Emerging Technologies, 1995., International IEEE/IAS Conference on , 22-27 May 1995, Pages: 517–523.
- Loss, P.A.V.; Lamego, M.M.; Sousa, G.C.D.; Vieira, J.L.F.; "A single phase microcontroller based energy meter"; Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1998. IMTC/98. Conference Proceedings. IEEE, Volume: 2, 18-21 May 1998, Pages: 797–800.
- Zhang, J.; Oghanna, W.; Bai, C.L.; "A DSP based electricity meter with remote reading"; Signal Processing Proceedings, 1998. ICSP '98. 1998 Fourth International Conference on, Volume: 2, 12-16 Oct. 1998, Pages: 1581–1584.
- Chih-hsien Kung; Devaney, M.J.; "Multirate digital power metering"; Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1995. IMTC/95 Proceedings. 'Integrating Intelligent Instrumentation and Control'. IEEE, 24-26 April 1995, Page: 179.

- Konneker, L.; "Introducing power monitoring units for distribution networks"; *Computer Applications in Power*, IEEE, Volume: 7, Issue: 4, Oct. 1994, Pages: 30–33.

7.-Poster



TECNOLÓGICO DE MONTERREY
CAMPUS CIUDAD DE MÉXICO

Medidor electrónico de potencia monitoreado por GSM/GPRS

Asesor: Dr. Raul Crespo Saucedo

Alumnos: Francisco Rodolfo Tapia Campos 455609
Francisco Javier Dávila García 718516
Carlos Alberto Vega Zavala 954188

Abril 28, 2005 México, D.F.

Objetivos:

- Diseñar un medidor electrónico de potencia capaz de almacenar datos de consumo eléctrico en memoria.
- Hacer que el medidor interactúe con las redes de comunicación celular.
- Crear una base de datos en la central de luz que tendrá como función recibir los datos almacenados en la memoria del medidor por las redes de comunicación celular para su respectivo procesamiento.
- Desarrollar un dispositivo eléctrico-electrónico que sea capaz de medir KWh, típico de un hogar.
- Realizar un sistema a microcontrolador el cual lee los datos entregados por el medidor y los guarde en una memoria no volátil con el fin de transmitirlos a la central.
- Realizar un sitio Web.
- Diseñar y Crear una Base de datos.
- Diseñar un programa que administre a los medidores.

Justificación.

En México, la mayoría de los consumidores no saben el gasto que se ocasiona por el funcionamiento de las plantas generadoras de energía, ni la manera en que se cobra el servicio de luz.

El servicio de luz es propenso a tener anomalías que el proveedor no logra detectar de forma rápida.

Buscamos que la compañía de luz tenga un método fácil y eficiente para localizar las anomalías que se presenten en el sistema.

Con la herramienta que nos ha proporcionado el desarrollo tecnológico en las comunicaciones celulares, las vamos a lograr la interacción, medición eléctrica - consumo y administración.

Sistema Propuesto


El sistema propuesto cuenta con un sistema de adquisición de datos proporcionando el consumo instantáneo (Watts) y el consumo total (KWatts hora) en una pantalla de fácil comprensión para cualquier usuario.

Mediante un módem el medidor se comunica a través de la red GSM/GPRS con la central administrativa y servicio principal, misma que recolecta en una base de datos el consumo temporal de la instalación eléctrica remota. De la misma manera toma en cuenta el estado y anomalías que se podrán encontrar en el sistema.


El administrador ofrece diferentes servicios de acceso para el usuario, ya sea por medio de la página Web o desde su teléfono celular.

Resultados


- Medidor electrónico de potencia típico de hogar con 2% de error de medición.
- Sistema de microcontrolador con capacidad de procesar datos de medición para su posterior envío mediante el módem.
- Comunicación total del sistema administrativo y de medición mediante la red GSM/GPRS.
- Emulador con la capacidad de acceder a todos los componentes del sistema de medición mediante el puerto serial (SP).
- Base de datos en la Central Administrativa capaz de procesar los datos adquiridos.
- Sitio Web en el que el usuario puede observar diversos parámetros proporcionados por el proveedor de energía eléctrica.
- Interacción vía celular del usuario con su medidor electrónico y con la Central Administrativa.




Adquisición de datos




Sistema propuesto




Hardware




Prototipo




Red GSM/GPRS




Emulador




Sitio Web



Interfaz usuario



Gráficas de consumo



Comparación

8.-Anexos

A WIRELESS DIGITAL ENERGY METER WITH AUTOMATED BILLING SYSTEM

Raúl Crespo Saucedo

ITESM Campus Cd. de México

Francisco Rodolfo Tapia Campos

ITESM Campus Cd. de México

Francisco Javier Dávila García

ITESM Campus Cd. de México

Carlos Alberto Vega Zavala

ITESM Campus Cd. de México

ABSTRACT

This paper presents a Wireless Digital Energy Meter with an Automated Billing System for electricity services. The proposed system was divided into three main sections: energy metering, communication and billing management section.

The energy metering section consists of a single-phase bi-directional power/energy IC which is interfaced to a single chip microcontroller. Binary measurement from the energy IC is transmitted to a microcontroller which computes power factor and energy (Watt-hrs). Furthermore, energy consumption is stored in the microcontroller's EEPROM memory ensuring a correct measurement even in the event of an electrical outage. When the supply is restored, the energy consumption is properly initialized. Besides that, this section is equipped with a display for reading the current energy consumption and a circuit capable to disconnect or resume automatically the electricity supply from remote based on the available client's credit or frauds due to tampering.

The communication section is based on a GSM/GPRS modem capable to transmit its measured value to another GSM/GPRS modem connected to an Utility Management Server (UMS) that processes it for billing. The UMS can communicate with the energy meter and determines the energy consumed by different users, by assigning each meter a unique IP address which facilitates electrical measurements and reading from anywhere on the internet or a cellular phone using SMS service. Security of data is ensured by a user-specific meter code, user name and password. The Energy Meter sends the recorded power consumption of a household in a programmed interval of time to a wirelessly connected Billing System. These features facilitate the work of retrieving the meter reading with little human intervention. It helps to save cost and time as compared to the conventional method of getting the meter reading by people.

1.0 INTRODUCTION

In México, the energy billing system is not administrated in an efficient way. In several occasions, it can't detect and solve the anomalies or problems at the transmission lines or at the metering systems. Furthermore, people don't know how to use the energy efficiently.

The present project pretends to make people aware of the importance of the electrical energy waste and easy understanding of the energy meters administration by the Utility Office, giving a low cost solution with flexible point to point energy monitoring.

Given the increasing demand of cell-phones due to its mobility, access and low cost, we have decided to use GSM/GPRS technology as the fundamental communication media for the remote energy monitoring and control. With the use of wireless systems, the user will be able to check his energy consumption on the webpage provided by the Utility Office or simply on his cell-phone as a SMS (Short Message Service) text message.

We can find different options in the market that offer electronic energy metering systems. Most of them use the phone line as the transmission media to communicate with the Utility Office. Nowadays, these systems are expensive and the energy consumption administration is not enough flexible in countries like Mexico.

Digital energy meters design monitored by remote sensing for massive applications must consider three principal tasks: cost, ease of transmission and accuracy.

A digital metering system works mainly with a microcontroller/microprocessor [1][2][3][4][5][6] or DSP [7] due to its low cost. Furthermore, single-phase/three-phase power/energy Integrated Circuits (IC) [2][4] or analog components [6] are relatively cheap.

To reduce more the metering system cost, it's used the distributed approach to power metering on multiple branch circuits supplied from a common distribution panel [1][4]. This design results in substantial savings in analog, digital and communications components when compared with a conventional single monitor per circuit approach.

Another concern is the accuracy in the metered power system quantities (e.g. power, RMS voltage and current). In his article, Chih-sien [8] proposes a metering engine that adjusts the number of points per cycle to be processed and the location of these points to satisfy overall power metering error criteria. The power/energy IC can support high accuracies around 0.1% error.

It has been used diverse transmission media to send energy data measured by the energy metering system at the customer premise. In [2] the energy data is transmitted over the Ethernet. In [7], the power line carrier (PLC) technique is used. A wireless digital energy meter using the Bluetooth technology is presented in [3]. In [9], it is introduced inexpensive electronic devices, called power monitoring units, installed at customer premises to monitor low-voltage electric supply, using the customer's phone line to communicate with the master station.

2.0. SYSTEM DESCRIPTION

The automatic energy billing system, shown in Figure 1, consists primarily in three sections: the first section, the Power Acquisition System, is a digital energy meter circuit; the second one, the GSM/GPRS Transport Network, consists in the measured data transmission network; and the third one, the Energy Management System, consists in a Utility Management Server (UMS) and a Data Base to process the energy data and manage the energy consumption.

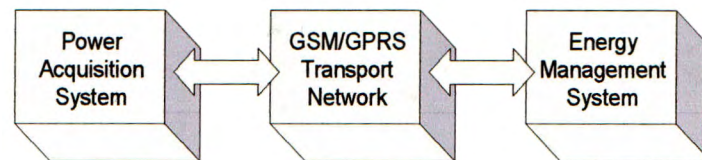


Figure 1. Energy Monitoring System sections

2.1. Power Acquisition System

The power acquisition system consists of a high-accuracy, low-cost power meter based on an energy/meter IC and a microcontroller as depicted in Figure 2. The design is for use in a single-phase, 2-wire distribution system. The energy meter design is comprised of the ADE7756 IC, a PIC microcontroller, a LCD display, a serial interface, a Real Time Clock IC, and power supply.

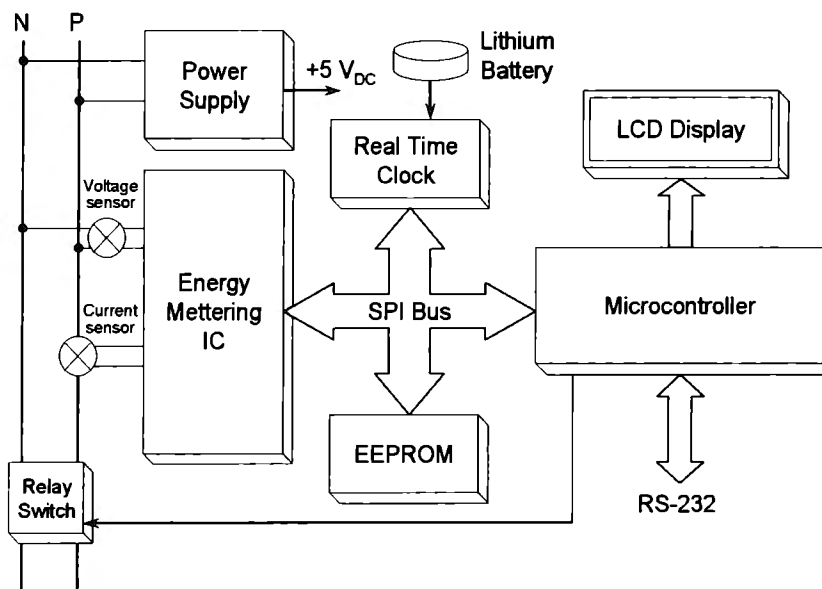


Figure 2. Structure diagram of the Single Phase Digital Power Meter

The energy IC is used to calculate true power (watts) and RMS voltage/current from the single-phase power line. The nominal input range of the Energy Meter is 120Vrms for the voltage and 20Arms for the current. It is interfaced to the μ C through a serial port interface (SPI). The SPI port allows the user to calibrate various components of the meter (e.g. gain, offset, phase errors) using an external PC.

The microcontroller controls the various functions of the meter, manages the modem communication through an RS-232 interface and sends display data to the LCD. An EEPROM is used to store various calibration parameters of the meter, store meter's data each programmed time and during a power-down condition.

The RTC circuit tracks of the time even when the energy meter is turned off. It runs on a special lithium battery that is not connected to the normal power supply. The purpose of this circuit is to store and restore current date and time values.

The μC is capable to disconnect or restore the electric supply of the actual user from remote if bill is not paid for long, energy credit is out or customer is caught in electricity theft. This task is carry out by a relay switch.

2.2. GSM/GPRS Transport Network

The energy meter is connected to a GSM/GPRS modem (see Figure 3) which sends the data stored in energy meter's memory to the GSM network. The data will be received by the GSM/GPRS modem connected to the Utility Management Server and Database, where the consumer information is stored and managed. The consumer has the option to consult his energy rate consumption, credit account, and billing date from an Internet webpage or by a SMS message from his cell-phone.

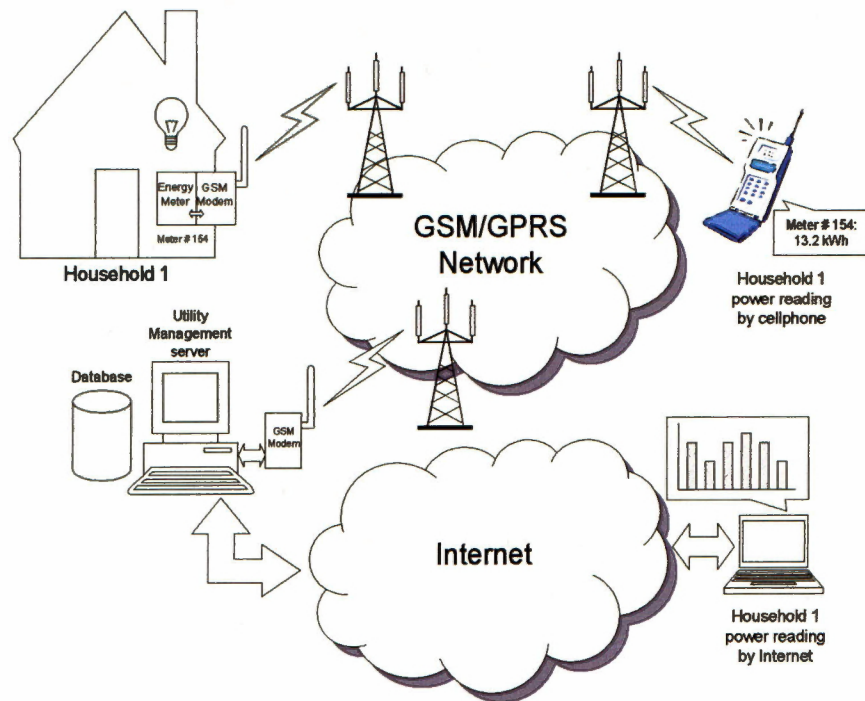


Figure 3. Data collection via GSM/GPRS network

It's necessary to configure each energy meter with the UMS's IP as the destiny address, in order to generate a point to point connection. In addition, the UMS must specify to the modem the IP address of the desired energy meter to be connected. The IP address appointment depends of the GSM/GPRS Network Manager. The IP addressing configuration is made by AT commands.

The principal benefits of using this wireless technology are the ease of installation (no wire connection), low energy consumption and the cellular services sector is expected to continue growing strongly. The point to point speed connection is approximately 30 Kb/s.

Using an E1 link, it is possible to increment the speed connection between GSM/GPRS network manager and the UMS. It would allow us to control a huge meter system network as well. The UMS can activate or deactivate, in a remote way, the energy supply of any user.

2.3. Energy Management System and Billing

The Billing System uses an Utility Management Server and a Database programmed with SQL. The measurement information received from each energy meter is stored in the database for consulting, billing and statistics. Using this metering system, the utility company can incorporate multiple rate billing in electricity quite similar to the telephone billing system, e.g., different rate of charges during day time and night time. The client can look up the energy consumption statistics or pay the energy service via internet or cellular phone through SMS service. Figure 4 shows the graphic user interface of the UMS.

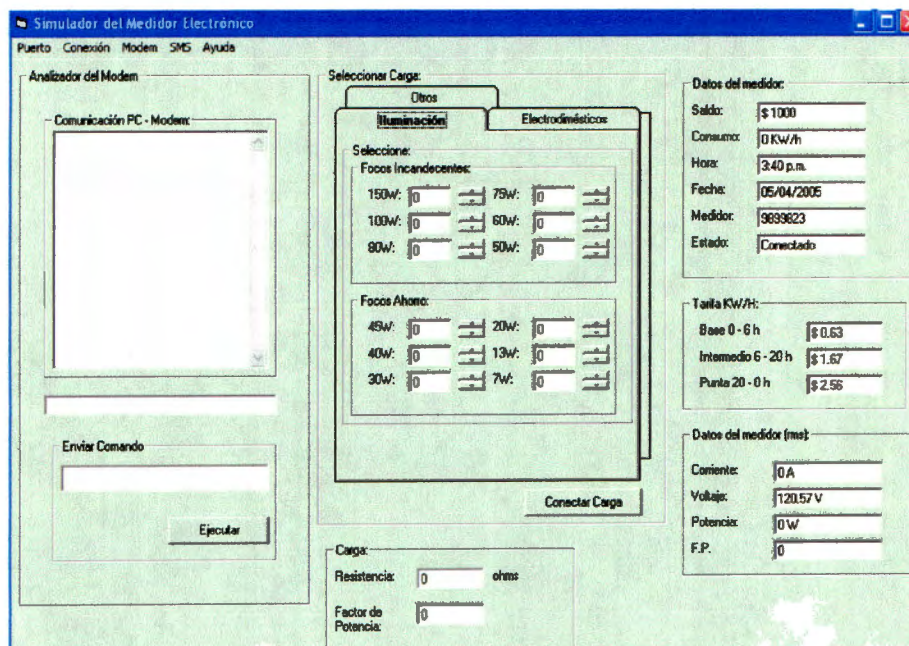


Figure 4. The graphic user interface of the Utility Management Server

Once the UMS has the energy measures from a determined energy meter, it processes and stores the data in the general database, which saves the consumption information in data packets each 15 minutes. The goal intended is to generate graphic statistics that show the consumption behavior of every energy user. Moreover, all this information allows the Utility Office to administrate the energy supply efficiently, and set different billing rates at several periods of the day in order to reduce the country consumption. This saves money in the energy distribution process.

3.0. ENERGY METER SOFTWARE DEVELOPMENT

Figure 5 shows the energy meter program flowchart. When the energy meter is turned on for the first time, it starts in configuration mode. During this mode, the microcontroller I/O ports are set, the modem is initialized, the time and date are read in order to know how long time the meter was disconnected, and finally, the EEPROM sets the last data consumption information.

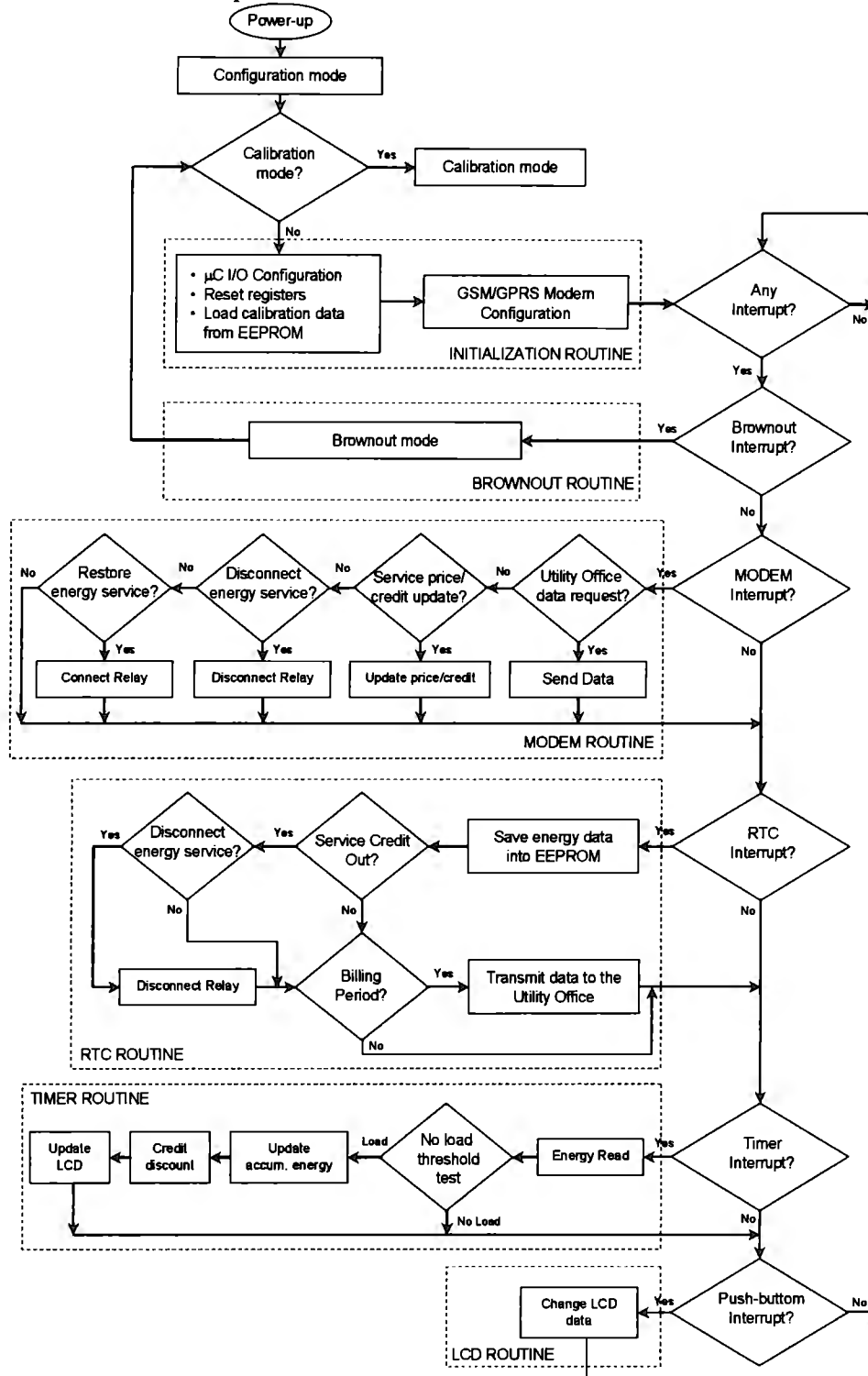


Figure 5. Power meter program flow chart

After the power-up, the microcontroller will ask the energy IC the accumulated energy every 0.5 seconds. This read data is added to the last consumption data, the sum is multiplied by a constant, then, expressed in BCD format in order to be sent to the LCD display.

If the UMS asks for an action, it sends a 5 bytes instruction which permits read or write any microcontroller register, as well as any data in EEPROM, RTC or energy IC. That's why we can calibrate the energy meter from the UMS. Once the instruction is received by the modem through the UART, the instruction is processed and executed in the microcontroller. After that, it sends back a response telling the UMS the action was done.

There is another interrupt from the RTC which is set every 15 minutes. This means the microcontroller must save the accumulated energy in the EEPROM. The data stored in this memory will be used to build the daily energy consumption graphic, as we explained before, having high resolution.

The metering system has a push-button that allows the user to watch several options in the LCD display: the instant and accumulated energy consumption, time and date, and rate charge.

4.0. SYSTEM IMPLEMENTATION

Figure 6 shows the energy meter system prototype. There were bought two GSM/GPRS modems in order to build the billing system, one is used in the digital connection at the energy meter, and the other is connected with the UMS. This modem is controlled by the serial interface programmed with AT or Hayes instructions.

The modems have to have a point to point connection for the desired communication between the remote metering system and UMS using SMS messages.

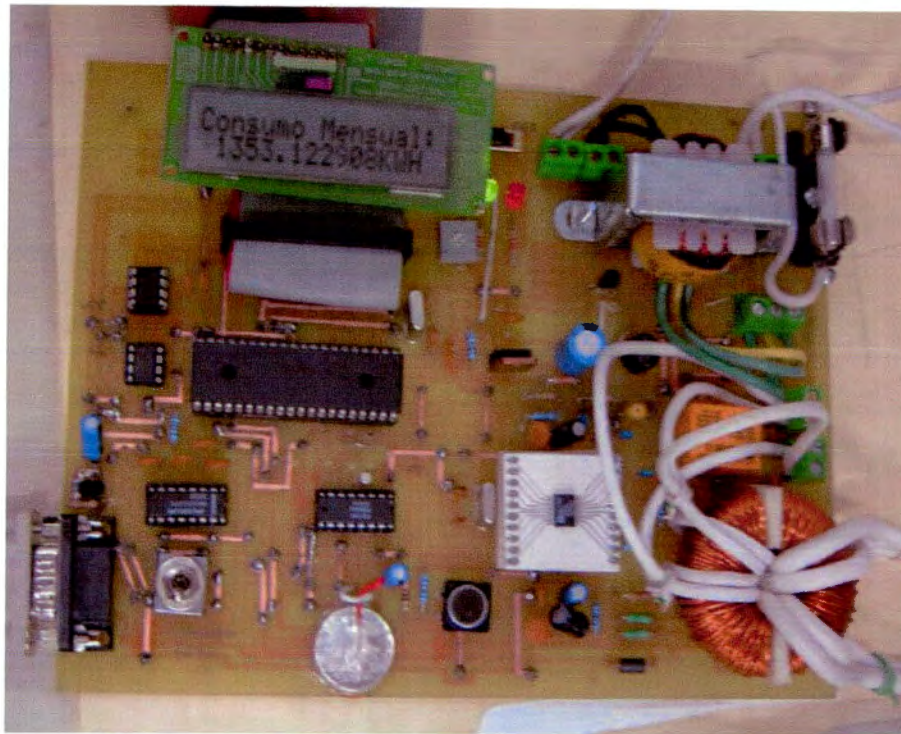


Figure 6. Digital photo of the Digital Energy Meter

The communication tests between the remote energy meter, UMS and the user cell phone, were successful. We made the following connection tests: energy meter modem - cell phone, cell phone - energy meter modem, UMS - cell phone, cell phone - UMS, UMS - energy meter modem and energy meter modem - UMS.

The power measurements were made with an accuracy of 0.2% that is suitable for power metering applications.

5.0. CONCLUSIONS

This article has presented a GSM/GPRS digital energy meter with automated billing system to be used for very lower power consumers. The main feature of this meter is its very low cost (from one-third to one-half of the conventional electromechanical meter), allowing its installation economically viable.

Through a microcontroller based meters a new billing system can be introduced through which electricity company can access meters any time and can incorporate a multiple rate billing system quite similar to telephone billing system.

The prototype has exhibited a great practical value in this stage of development. However, the possibilities for future improvements are still opened. We can reduce the deployment cost using a unique GSM/GPRS modem for a block of households like is depicted in Figure 7.

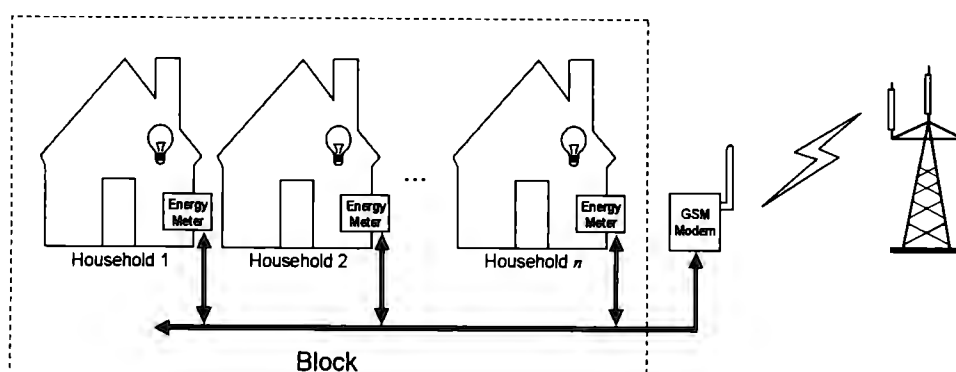


Figure 7. GSM modem as a gateway for a block of households

6.0. BIBLIOGRAPHY

- [1] Chung-Ping Young; Devaney, M.J.; "Digital power metering manifold"; Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, Volume: 47, Issue: 1, Feb. 1998, Pages: 224–228.
- [2] Devalaraju, P.; Wobschall, D.; "A web-enabled digital power meter"; Sensors, 2003. Proceedings of IEEE, Volume: 2, 22-24 Oct. 2003, Pages: 970–973.
- [3] Koay, B.S.; Cheah, S.S.; Sng, Y.H.; Chong, P.H.J.; Shum, P.; Tong, Y.C.; Wang, X.Y.; Zuo, Y.X.; Kuek, H.W.; "Design and implementation of Bluetooth energy meter"; Information, Communications and Signal Processing, 2003 and the Fourth Pacific Rim Conference on Multimedia. Proceedings of the 2003 Joint Conference of the Fourth International Conference on, Volume: 3, 15-18 Dec. 2003, Pages: 1474–1477.
- [4] Jamil, M.; Munir, F.; Khan, A.A.; Mirza, A.; "Telemetry & billing system for spatially distributed electrical power clients"; E-Tech 2004, 31 July 2004, Pages: 35–40.
- [5] Al-Qatari, S.A.; Al-Ali, A.R.; "Microcontroller-based automated billing system"; Industrial Automation and Control: Emerging Technologies, 1995., International IEEE/IAS Conference on, 22-27 May 1995, Pages: 517–523.
- [6] Loss, P.A.V.; Lamego, M.M.; Sousa, G.C.D.; Vieira, J.L.F.; "A single phase microcontroller based energy meter"; Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1998. IMTC/98. Conference Proceedings. IEEE, Volume: 2, 18-21 May 1998, Pages: 797–800.
- [7] Zhang, J.; Oghanna, W.; Bai, C.L.; "A DSP based electricity meter with remote reading"; Signal Processing Proceedings, 1998. ICSP '98. 1998 Fourth International Conference on, Volume: 2, 12-16 Oct. 1998, Pages: 1581–1584.
- [8] Chih-hsien Kung; Devaney, M.J.; "Multirate digital power metering"; Instrumentation and Measurement Technology Conference, 1995. IMTC/95 Proceedings. 'Integrating Intelligent Instrumentation and Control', IEEE, 24-26 April 1995, Page: 179.
- [9] Konneker, L.; "Introducing power monitoring units for distribution networks"; Computer Applications in Power, IEEE, Volume: 7, Issue: 4, Oct. 1994, Pages: 30–33.