



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**

**“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de
Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones”**

MODALIDAD TESIS

TEMA:

**AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE LECTURA DEL
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL
USANDO LA RED CELULAR GSM**

AUTOR:

ARAUJO JARAMILLO ROLANDO AUGUSTO

DIRECTOR DE TESIS:

Ing. Aníbal Llanga

Riobamba – Ecuador

2012

CALIFICACIÓN

Los miembros del tribunal, luego de haber receiptado la Defensa de trabajo escrito, hemos determinado la siguiente calificación.

Para constancia de lo expuesto firman:

MIEMBROS	NOTA	FIRMA
Ing. Aníbal Llanga Director de Tesis
Ing. Yesenia Cevallos Presidente del Tribunal
Ing. Daniel Santillán Miembro del Tribunal

DERECHO DE AUTOR

Declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas, y desarrollo de la propuesta expuesta en el presente trabajo de investigación, y los derechos de autoría pertenecen a la Universidad Nacional de Chimborazo.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado con mucho cariño para mis padres y mis hermanos quienes con su infinito amor, apoyo y comprensión me han orientado en el camino de la vida.

Rolando Araujo

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme el don de la vida para llevar a cabo mis anhelos y llegar a culminar este objetivo.

A mis profesores por haberme brindado sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de mi formación profesional.

A mis padres porque gracias a su esfuerzo, apoyo constante e inmenso amor he llegado a culminar mi carrera profesional, que constituye el legado más grande; por el cual les estaré eternamente agradecido.

ÍNDICE

PORTADA.....	i
HOJA DE EVALUACIÓN.....	ii
DERECHO DE AUTOR.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
INDICE GENERAL.....	vi
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS.....	ix
RESÚMEN.....	xii
SUMARY.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.1.1 Problemas de Facturación.....	2
1.1.2 Problemas de Recaudación.....	2
1.1.3 Otros Problemas Complementarios.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación.....	5
1.5 Limitaciones.....	5

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Medidores de Energía Eléctrica.....	6
2.1.1 Medidor Electromecánico.....	6
2.1.2 Medidor Electrónico.....	8
2.2 Descripción del Proceso Actual de la Toma de Lectura de los Medidores de Energía Eléctrica.....	9
2.3 Sistemas de Telefonía Móvil Celular.....	10
2.3.1 Introducción.....	10
2.3.2 Transmisión de Datos por la Red Celular.....	11
2.3.3 Características Básicas de los Sistemas Celulares.....	12
2.3.4 División Celular.....	14
2.3.5 Compartición de Recursos Radioeléctricos.....	14
2.3.6 Traspaso.....	15
2.3.7 Posibilidad de Roaming.....	15

2.4	Red GSM.....	16
2.4.1	Arquitectura de la Red GSM.....	16
2.4.2	Servicio de Mensajes Cortos SMS.....	18
2.4.2.1	Características.....	20
2.4.2.2	Arquitectura de la Red SMS.....	21
2.4.2.3	Envío de un SMS.....	22
2.4.2.4	Aplicaciones de los SMS.....	24
2.4.2.5	Beneficios del Servicio de Mensajes Cortos.....	26
2.5	Modem Celular GSM.....	26
2.5.1	Puerto de Comunicaciones.....	27
2.5.2	Pines Utilizados en la Comunicación.....	27
2.6	Comandos AT.....	28
2.6.1	Descripción.....	28
2.6.2	Objetivo de los Comandos AT.....	29
2.6.3	Ejecución de Comandos AT.....	29
2.6.4	Comandos de Configuración.....	30
2.6.5	Comandos Para la Lectura de Mensajes de Texto en el Celular.....	32
2.6.6	Comandos Para Enviar Mensajes de Texto Desde el Celular.....	34
2.7	Microcontroladores.....	35
2.7.1	Microcontrolador PIC16F876A.....	36
2.7.2	Características Principales.....	36
2.7.3	Periféricos.....	37
2.7.4	Diagrama de Pines y Funciones.....	37
2.7.5	Puertos de Entrada/Salida.....	38
2.8	Comunicación Serial.....	38
2.8.1	El Puerto Serie USART del PIC 16F876A.....	40
2.8.2	Modo Asíncrono.....	41
2.8.3	Protocolo RS-232.....	41

CAPITULO III

3.	DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL PROTOTIPO.....	45
3.1	Introducción.....	45
3.1.1	Adquisición de Datos del Medidor..	46
3.1.2	Secuencia Para el Envío de Lectura.....	48
3.1.3	Secuencia Para el Corte / Recon- exión de Energía.....	49
3.2	Diseño del Circuito Para la Comunica- ción con el Celular.....	50
3.3	Diseño del Circuito Para el Corte/Reco- nexión de Energía.....	53
3.4	Alimentación del Circuito.....	54

3.5 Esquema del Circuito Completo.....	54
3.6 Programación del Microcontrolador.....	56
3.6.1 Adquisición de Datos.....	61
3.6.2 Interacción PIC - Celular.....	64
3.6.2.1 Recepción de Mensajes de Petición de Lectura, Corte o Reconexión.....	65
3.6.2.2 Envío de Lectura del Con- sumo de Energía.....	69
3.7 Implementación.....	71
3.8 Imagen del Proyecto Terminado.....	73

CAPITULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS.....	74
4.1 Descripción de las Pruebas Realizadas.....	74
4.2 Pruebas del Software con el Simulador Proteus.....	75
4.3 Pruebas de Comunicación con el Celular..	77
4.4 Pruebas de Funcionamiento del Prototipo	77

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	80
5.1 Conclusiones.....	80
5.2 Recomendaciones.....	81
5.3 Bibliografía.....	83
5.4 Anexos.....	85

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

FIGURAS

1.	Registrador Electromecánico Monofásico.....	7
2.	Registrador Electrónico Monofásico.....	8
3.	Celdas de transmisión.....	12
4.	Celda o Célula.....	13
5.	Cobertura del territorio con repetición de patrón	14
6.	Arquitectura GSM.....	16
7.	Estructura de una Red GSM.....	17
8.	Elementos de la Red SMS.....	21
9.	Servicio SMS.....	23
10.	Envío de un SMS entre una MS y una entidad fija.....	24
11.	Puerto de Datos Nokia 6070b.....	27
12.	Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil, con eco activado.....	30
13.	Eliminación del eco en la comunicación entre el PC y el teléfono móvil.....	31
14.	Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil con eco desactivado.....	31
15.	Envío de comandos para leer mensajes nuevos.....	34
16.	Microcontrolador PIC16F876A.....	38
17.	Comunicación serial.....	39
18.	Modo Asíncrono USART.....	41
19.	Interfaz RS-232.....	42
20.	Esquema General del Prototipo.....	46
21.	Opto-acoplador interno del medidor PS2501.....	46
22.	Acondicionamiento de la señal.....	47

23.	Secuencia Para el Envío de Lectura.....	49
24.	Secuencia de Corte/Reconexión de Energía.....	50
25.	Cable de datos DKU-5.....	51
26.	Diagrama de conexión usado para el PIC y el celular.....	52
27.	Circuito de Corte y Reconexión.....	53
28.	Circuito de Alimentación.....	54
29.	Esquema Completo del Circuito.....	55
30.	Diagrama de flujo de configuración del celular.....	58
31.	Diagrama de flujo de lectura de consumo y estado de suministro de energía eléctrica.....	60
32.	Adquisición de Datos por Interrupción Externa.....	61
33.	Interrupción por recepción serial.....	67
34.	Programa principal.....	68
35.	Función para comparación de los SMS recibidos.....	68
36.	Diagrama del envío de la lectura obtenida.....	70
37.	PCB del prototipo.....	72
38.	Vista 3D del prototipo.....	72
39.	Imagen del Proyecto Terminado.....	73
40.	Ingreso de señales del medidor.....	75
41.	Petición de lectura del consumo.....	76
42.	Petición de reconexión del suministro.....	76
43.	Envío de comandos AT al celular.....	77
44.	Recepción de la petición de lectura y envío de la	79

Misma.....	
45. Lectura obtenida de forma remota y lectura visual en el medidor.....	79

CUADROS

1. Pines de un Conector Serial DB-9.....	43
2. Señales seriales en los conectores DB-25 y DB-9.....	43
3. Cuadro comparativo de lecturas.....	78

RESUMEN

El primer capítulo, se refiere al Marco referencial, donde se indica el planteamiento del problema, la formulación del problema, el objetivo general y los objetivos específicos del estudio a desarrollar; además se justifica el trabajo y se establecen las limitaciones.

En el segundo capítulo, se aborda todo lo relacionado al marco teórico en el cual se sustenta el presente trabajo de investigación; partiendo de conceptos técnicos, los cuales permiten el desarrollo de este proyecto.

En el tercer capítulo, se realiza el diseño y la implementación del prototipo, se indica la secuencia a seguir para la adquisición de datos del medidor, el proceso de corte y reconexión de energía y el diseño de los circuitos para la comunicación entre el celular y el microcontrolador.

En el cuarto capítulo, se describen las pruebas realizadas del software en el simulador Proteus, para verificar su funcionamiento y luego cargarlo al microcontrolador; se realizan también pruebas de comunicación con el celular para luego comprobar el funcionamiento del prototipo.

En el quinto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones del estudio realizado.

SUMMARY

The first chapter refers to the frame of reference, which indicates the approach of the problem, the problem formulation, the general objective and specific objectives of the study to develop, plus the work is justified and limits are set.

In the second chapter, deals with everything related to the theoretical framework which underpins the present research, based on technical concepts, which allow the development of this project.

In the third chapter, it makes the design and prototype implementation, shows the sequence to follow for the acquisition of meter data, the cutting and reconnection of energy and circuit design for communication between the cellular and the microcontroller.

In the fourth chapter describes the software testing in the simulator Proteus, to verify their operation and then upload to the microcontroller, are also conducted communication tests with the phone and then check the operation of the prototype.

In the fifth chapter presents the conclusions and recommendations of the study.

INTRODUCCIÓN

Para la medición del consumo de energía eléctrica residencial en nuestro país, las empresas eléctricas utilizan en su gran mayoría medidores electrónicos ciclométricos y un pequeño grupo de abonados utilizan los modernos medidores digitales.

En todos los casos, la toma de lectura, corte y reconexión de energía son realizados de forma manual; al ser realizadas por personal humano, están sujetas a errores como por ejemplo toma de lecturas erróneas, redondeo de la cantidad registrada, etc., provocando que existan pérdidas tanto para la empresa como para el abonado.

Con este proyecto se podrá obtener de forma remota y precisa la lectura del consumo de energía eléctrica residencial en tiempo real, así como también realizar las operaciones de corte y reconexión de energía eléctrica, utilizando como medio de transmisión la red celular GSM.

De esta forma, se pueden automatizar los procesos y simplificar las actividades de las empresas lo que las harían más eficientes y rentables, disminuyendo sus costos operativos para que puedan brindar un mejor servicio.

CAPITULO I

1. MARCO REFERENCIAL.

1.1. Planteamiento del problema.

Actualmente en nuestro país, la toma de lectura del consumo de energía eléctrica es realizada de forma manual por personal de las empresas, lo que conlleva a cometer posibles errores en la transcripción de la información obtenida con datos imprecisos y por consiguiente provocar pérdidas tanto a las empresas que ofrecen el servicio como a sus abonados.

Estos errores se pueden presentar por distintos factores como: fallas visuales por parte del personal que realiza dicha actividad, por no tener un fácil acceso a los medidores de energía eléctrica; error al digitar las lecturas en el sistema comercial, o a su vez por lecturas irreales o estimadas al momento de la recolección de datos.

Para resolver este problema no basta con mejorar estas actividades ya que las mismas se realizan bajo un proceso susceptible al error humano; además se necesitan analizar otros factores que intervienen en esta actividad como la responsabilidad de las personas encargadas de esta tarea, con la finalidad de no perjudicar a los abonados y los índices de calidad de servicio comercial de la empresa; en base a lo expuesto se plantea el desarrollo de este proyecto de tesis.

1.1.1. Problemas de Facturación.

Estos problemas están relacionados con la gestión de tomas de lecturas e inconsistencias de los datos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Lecturas del consumo mal tomadas
- Datos incorrectos del cliente como la dirección del predio
- Altos tiempos y costos de procesamiento de los datos de lecturas y catastros.
- Largos períodos entre lectura - facturación - recepción.
- Altos tiempos y errores de digitación.
- Emisión de una nueva factura.

1.1.2. Problemas de Recaudación.

Estos problemas están relacionados con carteras altas y problemas operativos, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- Pérdida de la factura con los detalles del consumo.
- Deudas incobrables de los clientes
- Datos incorrectos del cliente

1.1.3. Otros Problemas Complementarios

Existen otros problemas relacionados con facturación y recaudación que se pueden ver en los reclamos de los clientes, en donde se presentan inconformidades principalmente con los valores que deben cancelar todo debido a la inconsistencia de datos; sin embargo, todos

estos problemas también afectan a los empleados de las Empresas Eléctricas de la siguiente forma:

- Los empleados deben lidiar con las críticas y reclamos de los clientes.
- Los lectores pueden perderse al intentar localizar los predios debido a direcciones incorrectas o de difícil localización.
- Los recaudadores reciben insultos cuando el cliente no está de acuerdo con el valor que debe cancelar.

Todos estos problemas pueden provocar demoras en el proceso comercial de las empresas eléctricas impidiendo que la empresa se concentre más en controlar otros más graves como son las pérdidas negras¹.

1.2. Formulación del problema.

¿Se puede utilizar la red celular GSM para obtener de forma remota por medio de SMS la lectura del consumo de energía eléctrica de un medidor residencial y así optimizar este proceso?

¿Se pueden realizar operaciones de corte y reconexión de energía eléctrica de forma remota por medio de SMS?

¹Perdidas Negras, energía no facturada o hurto de energía. Es una manera ilegal para obtener energía eléctrica que consiste en conectarse a redes de distribución abiertas o alterar el medidor de energía para reducir el costo.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

El objetivo general de este proyecto es diseñar e implementar un dispositivo que permita obtener de forma remota la lectura del consumo de energía eléctrica de un medidor residencial y además realizar operaciones de corte y reconexión de energía, utilizando la red celular GSM.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Diseñar e implementar un módulo de control, el mismo que se encargará de tomar la lectura del medidor y almacenarla en la memoria del Microcontrolador.
- Investigar la forma de comunicarse con el modem del teléfono celular Nokia 6070b.
- Diseñar e implementar la etapa de comunicación entre el teléfono celular y el Microcontrolador, la misma que se encargará de recibir los comandos necesarios vía SMS para realizar la lectura, corte y reconexión de energía y transmitir por la misma vía la lectura obtenida del medidor.
- Obtener en tiempo real la lectura del consumo de energía eléctrica del medidor, utilizando la red celular GSM.
- Diseñar e implementar la etapa de potencia para realizar el proceso de corte y reconexión de energía eléctrica.

1.4. Justificación.

Debido al explosivo uso de la tecnología celular, es muy atractivo utilizar esta herramienta como un medio para generar aplicaciones que sean útiles y aplicables para resolver problemas que se presentan en nuestra vida cotidiana; es por esto que diseñar un dispositivo que por medio de mensajes de texto SMS se puedan controlar eventos, no es algo que esté fuera de nuestro alcance.

Con este proyecto se pretende mejorar el proceso de lectura del consumo de energía eléctrica residencial, así como operaciones de corte y reconexión del servicio haciendo uso de la tecnología celular; el mismo permitirá obtener datos más precisos en tiempo real y de forma remota, con lo que se podrá disminuir los costos operativos que representa el sistema actual.

1.5. Limitaciones.

Este proyecto está limitado para la adquisición de datos de un solo medidor de energía residencial debido a que es un prototipo, pero puede seguirse desarrollando para adquirir datos de varios medidores con un solo dispositivo.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. Medidores de Energía Eléctrica

Son dispositivos que miden la cantidad de energía eléctrica consumida en un hogar, empresa, industria, etc. La unidad de medida común que tiene un medidor eléctrico es el Kilovatio/Hora (KWH); es decir, la cantidad de energía consumida por una carga de un Kilovatio en el periodo de una hora; así también, la demanda de consumo es medida en Vatios (W).

En la actualidad, los medidores eléctricos operan midiendo de manera continua el voltaje instantáneo y la corriente y así calcular su producto que es la potencia (Watts) y finalmente ser medido contra el tiempo de energía usada (KWH). Por ejemplo, un foco de 100 Watt durante 10 horas consume 1000 Watts; es decir que consumió 1 KWatts en una Hora.

Entre los más utilizados se encuentran los medidores electromecánicos y los electrónicos.

2.1.1. Medidor Electromecánico

Es el medidor de energía eléctrica más común; este medidor de inducción electromagnética fue inventado por Eliu Thompson en 1889.

Su método de operación es por conteo de revoluciones de un disco de aluminio, el cual está hecho para rotar a una velocidad proporcional a la energía usada. Este proceso consume energía pero en una cantidad pequeña, alrededor de 2 Watts.

En el disco actúan 2 bobinas; una de ellas es conectada de manera que ésta produzca un FLUJO MAGNÉTICO en proporción al voltaje; la otra produce un flujo en proporción a la corriente, ejerciendo así una fuerza vectorial sobre el disco la cual lo hace girar.

El magneto creado ejerce una fuerza opositiva proporcional a la velocidad de rotación del disco, trabajando como freno deteniendo al disco cuando el consumo de energía detenga también; el monto de energía consumida es representado por una revolución del disco.

En la actualidad, los medidores electromecánicos están siendo reemplazados por medidores electrónicos.



Figura 1. Registrador Electromecánico Monofásico

2.1.2. Medidor Electrónico

Los medidores electrónicos utilizan conversores análogo-digital, la mayoría utilizan el circuito integrado ADE7756 el cual es capaz de medir potencia y energía monofásica con interfaz serial y salida de pulsos; posee recursos internos para el muestreo de las señales de tensión, corriente, filtrado, compensación de errores, etc.

Generalmente el consumo de kWh es realizado por conteo de impulsos; por ejemplo 1600 impulsos equivalen a 1 kWh de consumo, además poseen una salida de impulsos conocida como salida opto acoplada.

Para visualizar el consumo de energía poseen un display de cristal líquido o un registrador ciclométrico, la Figura 2 muestra un registrador electrónico monofásico.



Figura2.Registrador Electrónico Monofásico

2.2. Descripción del Proceso Actual de la Toma de Lectura de los Medidores de Energía Eléctrica.

En la actualidad todo el proceso de toma de lectura, corte y reconexión de energía eléctrica se lo realiza manualmente, siendo la fuerza laboral el único recurso utilizado para esta tarea.

En función del mandato constituyente, varias de las empresas distribuidoras del servicio de energía eléctrica cuentan con personal de planta para la recolección de las lecturas; mensualmente se recolectan las mismas de cada domicilio de forma manual por el personal de la empresa, la lectura de cada medidor es apuntada en el catastro de lecturas, posteriormente los registros son entregados y se ingresan los datos al sistema comercial de la empresa.

Tanto el proceso de recolección de lecturas como el ingreso al sistema son realizados de forma manual, por lo que es vulnerable a que se produzcan errores humanos de apreciación y digitación.

Estos errores pueden ser los siguientes:

- El lector interpreta mal la lectura del medidor.
- El lector interpreta bien, pero lo escribe mal.
- El digitador interpreta incorrecto lo escrito por el lector.
- El digitador escribe incorrecto los datos del lector.

Estos errores humanos dan como resultado reclamos por parte de los usuarios, que se sienten perjudicados por tener consumos altos.

2.3. Sistemas de Telefonía Móvil Celular

2.3.1. Introducción

Los sistemas de telefonía móvil celular, son aquellos que permiten la comunicación entre usuarios que se desplazan libremente en lugares geográficos diferentes. Estos constituyen grandes redes de comunicaciones que actualmente permiten tener acceso a diferentes servicios, entre ellos:

- Telefonía móvil
- Envío de mensajes cortos (SMS)
- Transmisión de paquetes de datos
- Internet.

Las redes celulares permiten ofrecer información en cualquier momento y en cualquier lugar, siendo posible que esta información se presente a solicitud del usuario o en el mismo instante en que esta se genere; además cubren la necesidad de movilidad y abarcan una gran área de cobertura, brindando servicio de voz y datos a sus clientes.

Los servicios de datos constituyen el mayor potencial de crecimiento de las redes móviles celulares y se ponen de manifiesto en servicios como el envío de mensajes de texto SMS entre dos terminales; estos mensajes contienen información muy pequeña y por esa

razón resultan eficientes para aplicaciones que no trabajen con cantidades de datos grandes, además el precio ha disminuido considerablemente en los últimos años permitiendo el acceso a la mayor parte de usuarios.

Estas situaciones dan paso a desarrollar sistemas que permitan transmitir información utilizando el servicio de mensajería SMS, empleando equipos celulares que pueden conectarse a cualquier dispositivo, que por su movilidad requiera facilidades de monitorización o control remoto.

Con equipos celulares que permiten una comunicación bidireccional y en combinación con una tarjeta electrónica de control se hace posible tener información a distancia en una estación central, donde se puede monitorear el desarrollo de los eventos que se presenten y además realizar control sobre los equipos con solo enviar un comando en un mensaje SMS.

2.3.2. Transmisión de Datos por la Red Celular

La telefonía celular se basa en un sistema de áreas de transmisión denominadas células o celdas, que abarcan áreas comprendidas entre 1,5 y 5 Km, dentro de las cuales existen una o varias estaciones repetidoras que trabajan con una determinada frecuencia y que debe ser diferente de las células circundantes.

En la Figura 3 se relaciona la distribución de las celdas y la central de comunicación.

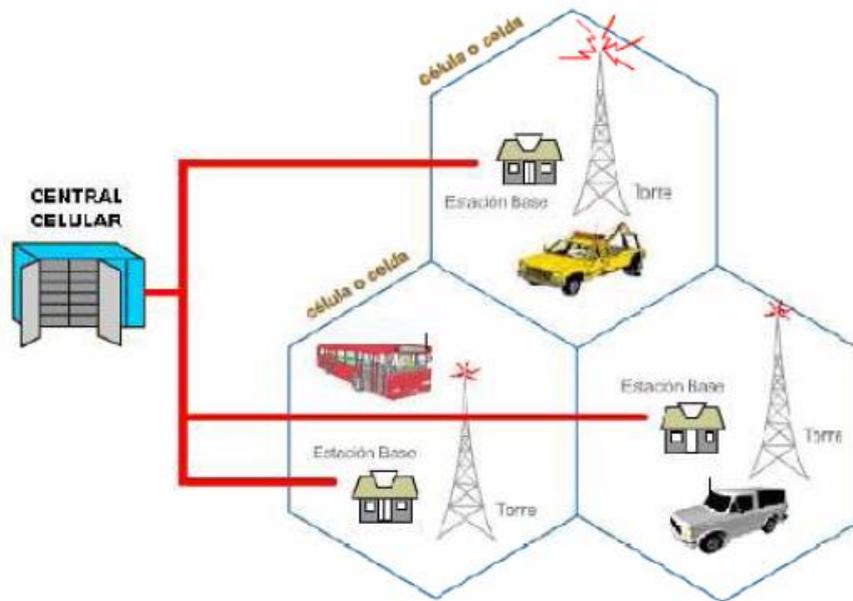


Figura3. Celdas de transmisión

El teléfono móvil envía la señal que es recibida por la estación y es remitida a través de la red al destinatario; conforme se desplaza el usuario también se conmuta la celda receptora, variando la frecuencia que da soporte a la transmisión. Según los sistemas la señal enviará datos secuencialmente o por paquetes, que pueden estar comprimidos y encriptados.

Cada estación base está situada en una de estas celdas y tiene asignado un grupo de frecuencias de transmisión y recepción propio; Como el número de frecuencias es limitado, es posible reutilizar las mismas frecuencias en otras células, siempre que no sean adyacentes, para evitar interferencia entre ellas, permitiendo que miles de personas puedan usar los teléfonos al mismo tiempo.

2.3.3. Características Básicas de los Sistemas Celulares

La filosofía de los sistemas celulares es utilizar estaciones base de pequeña o mediana potencia y dar servicio a un área limitada.

El área que cubre una estación base se conoce como célula; en cada célula se utiliza un subconjunto de frecuencias, de manera que en una célula sólo se ofrece una parte de todos los radiocanales que el operador dispone.

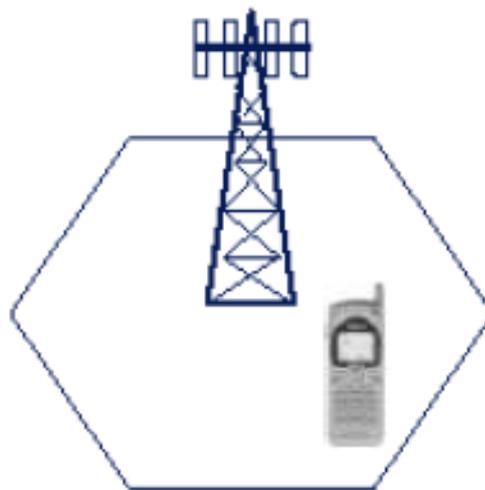


Figura 4. Celda o Célula

Para dar cobertura a todo el territorio es necesario utilizar una cadena de células, teniendo en cuenta que las células que tengan el mismo grupo de frecuencias deben estar separadas por células de frecuencias diferentes.

Se conoce como distancia de reutilización a la mínima distancia entre dos celdas que compartan el mismo subconjunto de frecuencias para que la interferencia cocanal no afecte a las comunicaciones.

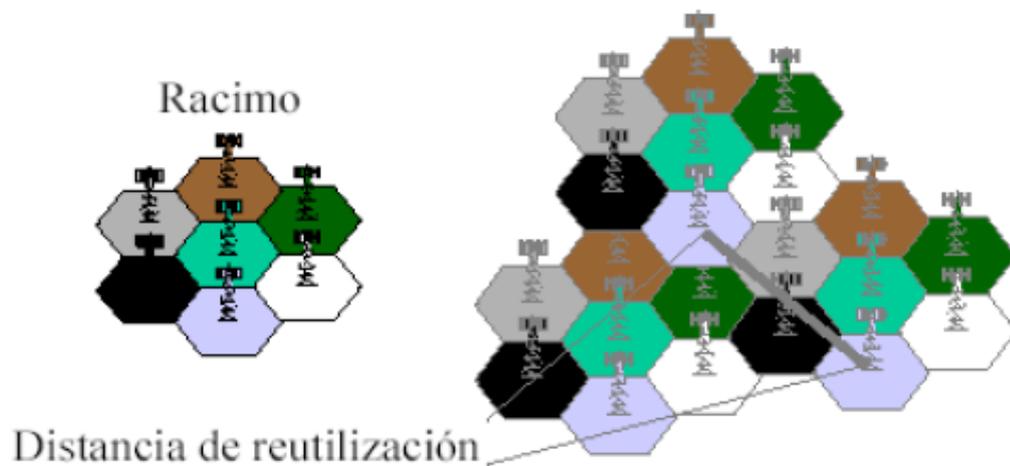


Figura 5. Cobertura del territorio con repetición de patrón

2.3.4. División Celular

Si en una celda con x radiocanales hay más tráfico del que se puede cursar, porque aumenta el número de usuarios por ejemplo, se puede dividir la celda añadiendo más estaciones base y disminuyendo la potencia de transmisión. Esto es lo que se conoce como Splitting; de manera que en realidad el tamaño de las celdas variará según la densidad de tráfico, teniendo celdas más grandes en zonas rurales (de hasta decenas de Km) y celdas más pequeñas (unos 500 m) en grandes núcleos urbanos.

2.3.5. Compartición de Recursos Radioeléctricos.

Los radiocanales de una célula se comparten entre todos los móviles que están en una celda y se asignan de forma dinámica; la determinación del número de radiocanales necesarios en una celda, es función del tráfico esperado y se realiza definiendo el Grado de Servicio que se pretende ofrecer en términos normalmente de la probabilidad de bloqueo en llamada.

La probabilidad de bloqueo en llamada, es la probabilidad de que un usuario que pretenda establecer una comunicación no pueda porque todos los radiocanales están ya ocupados; cuanto menor sea, mayor será el grado de servicio ofrecido.

2.3.6. Traspaso

Es el cambio de radiocanal de una comunicación ya establecida, se denomina HandOff en redes analógicas y HandOver en redes digitales.

Debe permitirse que una comunicación en curso no se pierda al cambiar de celda; este es el denominado traspaso intercelular, como los radiocanales utilizados en celdas vecinas son distintos, cuando el usuario cambie de celda cambiará de radiocanal y este cambio debe hacerse de forma totalmente transparente al usuario. También se puede dar el cambio de radiocanal dentro de una misma celda (handover interno).

2.3.7. Posibilidad de Roaming

Gracias a que existe una normalización de ámbito internacional en las redes celulares GSM, es posible que un usuario sea localizado y pueda seguir utilizando el servicio, incluso si el servicio lo ofrece otro operador; así por ejemplo, se facilita el movimiento del usuario a través de distintos países; esto implica un esfuerzo de coordinación entre los operadores, sobre todo en cuanto a la tarificación de las llamadas se refiere.

2.4. Red GSM

GSM (Global System for Mobile Communications) o Sistema Global para Comunicaciones Móviles, es un sistema de telefonía celular para la transmisión digital de voz y datos con una gran calidad que se ha extendiendo por todo el mundo.

Con el sistema GSM no es el teléfono el que contiene los datos del abonado, sino más bien "una tarjeta inteligente" denominada SIM Card, que se inserta en el aparato desde el que se desea llamar. La suscripción está en la tarjeta, no en el teléfono celular.

La red GSM opera en 4 rangos de frecuencias:

- 900 MHz y 1800 MHz en Europa y Asia.
- 850 MHz y 1900 MHz en las Américas.

2.4.1. Arquitectura de la Red GSM.

La comunicación se origina desde el usuario final o Terminal Móvil (TM), que mantiene una sincronización de señales de control con la estación base más cercana (BTS) y ésta tiene el Módulo de Identificación del Abonados (MIA), que se conecta vía microonda con la Central de Conmutación de Servicios Móviles tal como se muestra en la Figura 6.

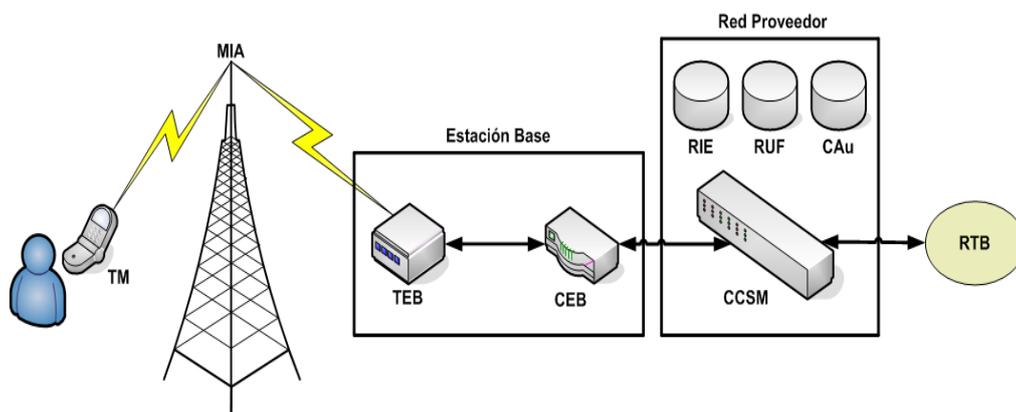


Figura 6. Arquitectura GSM

En la Figura 7 se muestra la estructura de una red GSM y sus elementos principales. Donde se puede realizar una comunicación de voz que parte del equipo terminal (TE) o móvil que se encuentra dentro de la cobertura de una estación base (BTS) que está conectada con una central de estaciones bases (BTC) que enruta su llamada hacia una Central de Switchero Móvil (MSC) quien define si su llamada está dentro de la misma operadora o corresponde a otra operadora, la cual la enruta por la Red de Telefonía Pública (PSTN); en caso de ser una comunicación de datos tipo parte del dispositivo móvil, que está bajo dentro de la cobertura de una estación base (BTS) se comunica con la estación base central (BTC) quien enruta los datos hacia la red de datos.

Para la función de localización, todo abonado móvil está inscrito en un registro local denominado RUF que es una base de datos que contiene información del abonado.

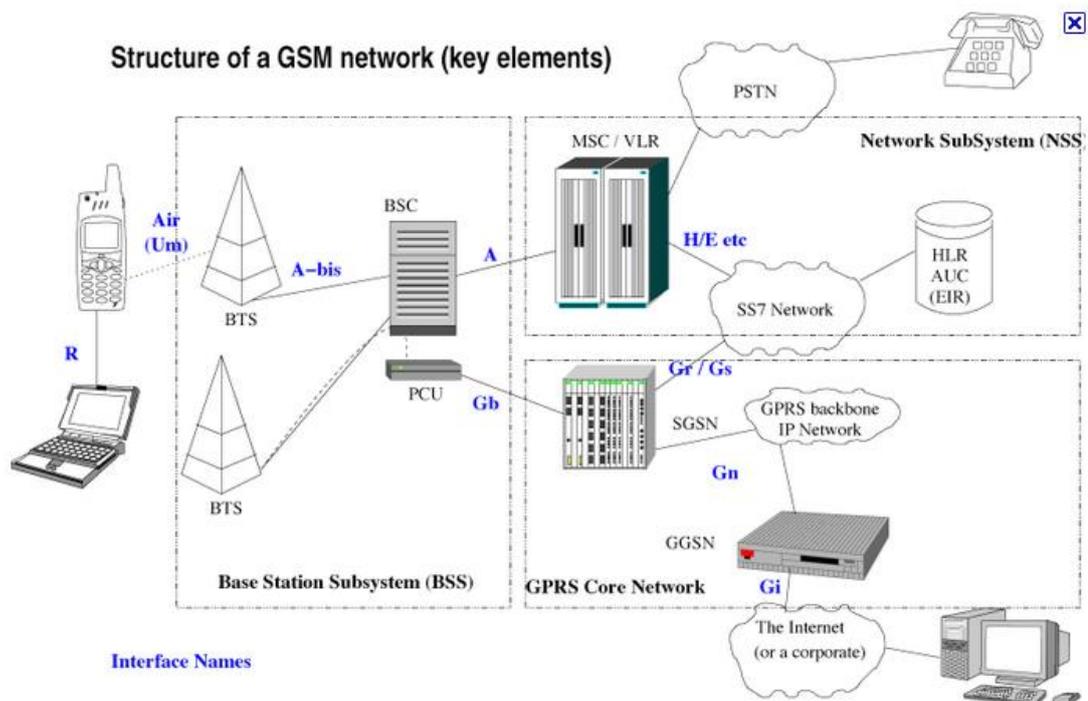


Figura 7. Estructura de una Red GSM

Si en el curso de una comunicación la estación móvil (EM) sale de la zona de cobertura de la Estación Base (EB) donde está en curso la llamada, para evitar que ésta se corte debe transferirse a la EB de otra célula. Para ello, se acompaña a la señal de voz de un tono de supervisión no audible, que es devuelto por el móvil.

La EB mide la calidad de esta señal de retorno. Si no resulta satisfactoria, se envía una alarma al CCSM, quien ordena a la EB en cuestión y a sus vecinas una medición del campo producido por la EM; los resultados se envían al CCSM, el cual conmuta la llamada a la EB en que se tengan las mejores condiciones de recepción.

La conmutación en curso, al efectuarse en función de los niveles de señal recibidos, asegura siempre una calidad de señal superior a cierto umbral mínimo.

Para nuestra aplicación, a continuación veremos con más detalle uno de los servicios brindados por GSM:

2.4.2. Servicio de Mensajes Cortos SMS

El Servicio de Mensajes SMS (Short MessagesService) es una red digital que permite a los usuarios de teléfonos celulares enviar y recibir mensajes de texto.

Un mensaje de texto SMS puede ser enviado desde un teléfono celular, un modem o desde una dirección IP, cada mensaje tiene una longitud de hasta 160 caracteres. Estos 160 caracteres pueden ser palabras, números o una combinación alfanumérica y no contiene imágenes o gráficos.

Para utilizar el servicio de mensajes cortos los usuarios necesitan la suscripción y el hardware específico, determinados por los siguientes puntos:

- Una suscripción a una red de telefonía móvil que soporte SMS.
- Un teléfono móvil que soporte SMS.
- Un destino para enviar o recibir el mensaje, un PC, un terminal móvil o un buzón de e-mail.

Los mensajes SMS pueden ser enviados desde teléfonos TDMA, CDMA, GSM, bajo la red móvil celular y son transferidos entre teléfonos por medio del Centro de Servicio de Mensajes Cortos (SMSC).

El SMSC es un software de la operadora de red que se encarga de manejar, procesar y facturar los mensajes; el despacho de los mensajes se realiza en colas de espera, de tal forma que el mensaje tarda un tiempo en llegar al usuario destino el cual depende de la cantidad de mensajes y de la velocidad del software de la operadora.

El desarrollo en los últimos años de la tecnología celular permite realizar transferencia de mensajes entre diferentes operadoras.

La interoperabilidad posibilita al cliente utilizar SMS de la misma forma que el servicio de voz, es decir se puede enviar y recibir mensajes de texto de un teléfono a otro en un tiempo muy corto.

2.4.2.1. Características

El servicio de mensajería corta utiliza los canales de señalización SACCH (SlowAssociated Control Channel) y SDCCH (SlowDedicated Control Channel). El SACCH es usado durante el transcurso de una llamada y el SDCCH es usado si el receptor está libre. Las características generales de los SMS son:

- **Concatenación**

Se pueden concatenar algunos SMS estándar para formar un mensaje largo. Se pueden concatenar hasta 255 mensajes; cuando esta característica es usada, se debe incluir información adicional para que la aplicación puede reensamblar correctamente los mensajes cortos concatenados.

Existe una versión mejorada que también permite concatenar hasta 255 mensajes pero utiliza un campo de referencia de 16 bits en vez de 8 bits que utiliza la versión normal; el campo de referencia de 16 bits, reduce la probabilidad de errores en el proceso de concatenación.

- **Compresión**

Permite comprimir los datos de usuario del mensaje; esta característica es opcional y se basa en un algoritmo, donde la longitud de la secuencia de salida es inversamente proporcional a la frecuencia con que el carácter ocurre en la secuencia de entrada.

- **Mensajería binaria**

El SMS puede ser configurado en modo carácter o binario. El modo binario permite mejorar la eficiencia de los datos transmitidos.

- **Facturación**

Cada mensaje tiene una referencia de facturación asociada, ésta le dice al sistema de facturación la tarifa que se le debe cargar al mensaje.

- **Soporte de diferentes alfabetos**

Se pueden utilizar dos alfabetos: UCS2 y Alfabeto por defecto GSM de 7 bits. El UCS2 (*Universal Multiple Octet Coded Character Set 2*) incorpora todos los principales lenguajes de todo el mundo; el alfabeto por defecto de 7 bits se deriva del conjunto de caracteres ASCII, también se puede utilizar un alfabeto GSM de 8 bits para datos en modo binario.

2.4.2.2. Arquitectura de la red SMS.

La Figura 8 muestra la estructura básica de la red SMS.

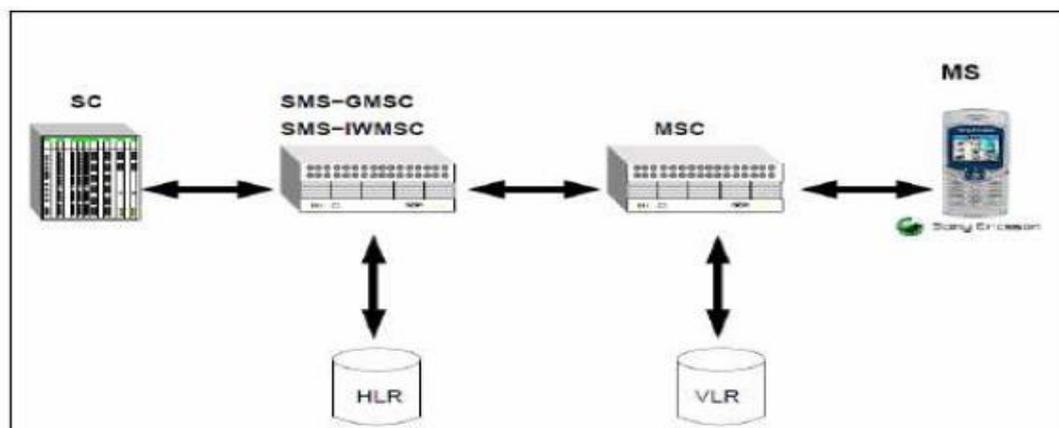


Figura 8. Elementos de la Red SMS

Entidad de Envío de Mensajes Cortos SME

SME (Short Messaging Entity) entidad que puede enviar o recibir mensajes cortos, pudiendo estar localizada en la red fija, una estación móvil, u otro centro de servicio.

Centro de Servicio de Mensajes SMSC

SMSC (Short Message Service Center) es el responsable de la transmisión y almacenamiento de un mensaje corto, entre el SME y una estación móvil.

Centro de Conmutación Móvil MSC

MSC (Mobile Switching Center) lleva a cabo funciones de conmutación del sistema y el control de llamadas a y desde otro teléfono y sistema de datos.

SMS-Gateway/Interworking MSC (SMS-GMSC)

Es un MSC capaz de recibir un mensaje corto de un SMSC, interrogando al HLR

(Home Location Register) sobre la información de encaminamiento y enviando el mensaje corto al MSC.

2.4.2.3. Envío de un SMS

El servicio de transmisión de datos SMS permite transferir un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC), como se indica en la Figura 9. El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar situado en una red fija.

En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambas partes son estaciones móviles. Las posibilidades de comunicación mediante "mensajes cortos" SMS son muchas y muy variadas, pero siempre limitadas por las características de estos mensajes, entre las cuales se puede citar:

- Longitud máxima de 160 caracteres.
- Duración limitada (24 o 48 horas normalmente, si no se entregan antes son cancelados)

El servicio SMS permite transferir un mensaje de texto entre una estación móvil (MS) y otra entidad (SME) a través de un centro de servicio (SC).

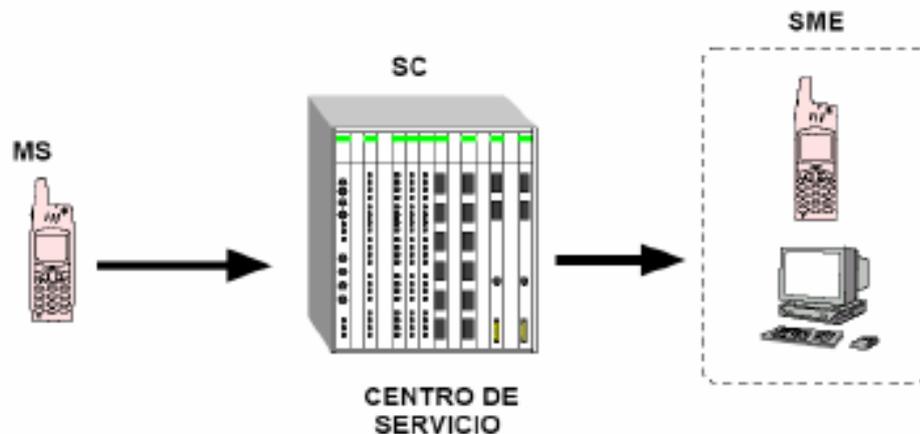


Figura 9. Servicio SMS

El servicio final ofrecido es una comunicación extremo-extremo entre la estación móvil (MS) y la entidad (SME). La entidad puede ser otra estación móvil o puede estar en una red fija.

En el caso de envío de un mensaje entre dos móviles, ambas partes son estaciones móviles. Cuando se envía un

mensaje para solicitar algún tipo de servicio, un extremo es una estación móvil y la otra es un servidor que atiende las peticiones.

En la norma GSM sólo se especifica la parte de comunicaciones, entre las estaciones móviles (MS) y el Centro de servicio. La comunicación entre el Centro de Servicio y las entidades fijas, queda fuera del ámbito de esta norma.

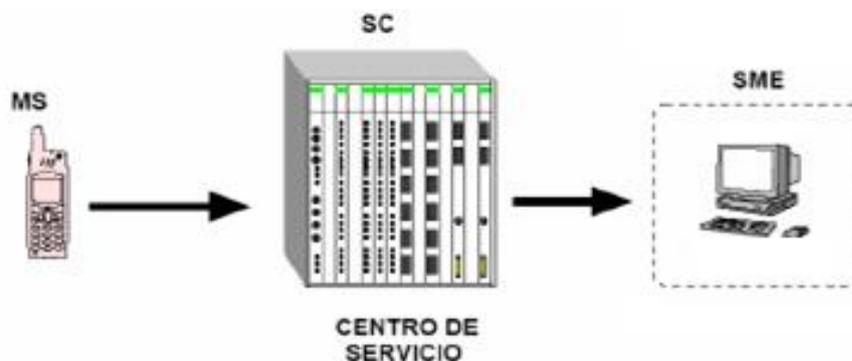


Figura 10. Envío de un SMS entre una MS y una entidad fija

2.4.2.4. Aplicaciones de los SMS

Las principales aplicaciones basadas en SMS son:

- **Mensajes de persona a persona**

Los usuarios de telefonía móvil utilizan comúnmente el servicio de mensajería corto para comunicarse con otro usuario móvil de su misma operadora e incluso de una operadora diferente.

- **Alertas de E-mail**

Los SMS permiten notificar al usuario que tiene un nuevo e-mail. Este mensaje usualmente contiene la dirección de quien envía, el título y unas pocas palabras del inicio de E-mail.

- **Servicios de notificación**

Permite el envío de mensajes a ciertos usuarios que constan en una base de datos específica tales como: clientes de compañías de televisión, clubs deportivos, supermercados y otros minoristas, aerolíneas y bancos.

Estos mensajes pueden ser publicitarios, o de notificación entre otros.

- **Servicios de información**

Permite enviar al terminal móvil mensajes con pequeños contenidos de información periódica, de un amplio rango como reporte del clima, reportes financieros, información deportiva.

- **Servicios de localización**

Aplicado a la localización de vehículos, integra un GPS. Los datos de longitud y latitud son transferidos a un terminal móvil. El terminal por medio de un SMS envía estos datos a un servidor donde se procesan para indicar la localización actual del vehículo en un mapa geográfico.

- **Supervisión Remota**

El servicio de mensajería corta puede usarse para gestionar máquinas en ambientes de supervisión remota. Esta aplicación proporciona valiosa información sobre el estado o el suceso de algún evento ocurrido sobre la máquina, que el usuario precisa saber.

- **Comercio electrónico**

Se pueden llevar a cabo transacciones financieras a través del terminal móvil, para la cual será

necesario tener convenios con algunas instituciones bancarias.

2.4.2.5. Beneficios del Servicio de Mensajes Cortos.

Los beneficios del servicio SMS para el proveedor son los siguientes:

- El aumento de llamadas gracias a las capacidades de notificación del SMS en las redes inalámbricas.
- Una alternativa al servicio de búsqueda de personas alfanumérico "Paging".
- Activa el acceso inalámbrico a datos para usuarios de empresas.
- Proporciona una herramienta administrativa para servicios como avisos.

El tamaño máximo de un mensaje de texto en de 160 caracteres de 7 bits, 140 caracteres de 8 bits o de 70 caracteres de 16 bits, este último en idiomas como el chino, coreano, japonés, ruso y arábigo.

Muchos transceiver y teléfonos móviles tienen soporte para enviar y recibir mensajes de texto usando Comandos AT. Para estos poder ser ejecutados, el móvil o el transceiver debe ser conectado a una PC a través de una conexión Serial, ya sea por cable o una virtual como es el caso que crean los dispositivos Bluetooth.

2.5. Modem Celular GSM

Los teléfonos GSM usan el lenguaje AT para comunicarse con sus terminales. Es decir, tienen un juego de

comandos AT específico para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales, dichos comandos permiten realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos, leer y enviar SMS.

Como modem celular para este proyecto se escogió al teléfono celular Nokia 6070b, el mismo que tiene todas las prestaciones necesarias para este propósito.

2.5.1. Puerto de Comunicaciones

El puerto de comunicación de este teléfono (Nokia 6070b), se describe a continuación de manera detallada, para poder identificar los pines que se utiliza para la comunicación e intercambio de datos.



Figura 11. Puerto de Datos Nokia 6070b

Este conector esta conformado por 14 pines los cuales tienen una función especifica. De este puerto los pines que se deben identificar son el de transmisión, recepción y tierra (Tx, Rx, GND), los cuales permitirán la transferencia de datos.

2.5.2. Pines Utilizados en la Comunicación

De todos los pines que conforman el pop port del celular, los que se utilizarán son los pines 6, 7,

8.Estos pines permitirán establecer una comunicación serial tal como se detalla a continuación.

- Pin 6 es Rx.
- Pin 7 es Tx.
- Pin 8 es GND.

La transferencia de datos se genera con los siguientes parámetros los cuales deberán ser configurados en el dispositivo con el cual se va a comunicar.

- Velocidad de transmisión 9600 Baudios
- 8 bits de datos
- Bits de paridad "Ninguna"
- bits de para "1"

2.6.Comandos AT

2.6.1. Descripción

Los comandos AT (attention command) son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un Terminal MODEM.

El software del teléfono se comunica con el MODEM por medio de comandos AT. Este software le permite al teléfono en si comunicarse por medio de menús y el programa de comunicaciones transmite estas selecciones al MODEM en el formato que este requiere. De esta manera el MODEM realiza la tarea que se le ha comunicado. Para el uso de aplicaciones más específicas se necesita el uso de aplicaciones como *Hyperterminal* en el caso de Windows, y *Minicom* en el caso de Linux.

La implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos son enviados, ya sea cable serial, canal infrarrojo, Bluetooth, etc.

2.6.2. Objetivo de los Comandos AT

Los comandos AT deben ser usados para el desarrollo de nuevos programas de comunicaciones y ajustar propiedades avanzadas del teléfono y módems inalámbricos.

Entre las funciones más usuales de los comandos AT se tienen:

- Configurar el teléfono para una conexión inalámbrica, a través de infrarrojos o por el sistema de bus o cable.
- Configurar el MODEM interno del teléfono para una conexión inalámbrica, a través de infrarrojos o por el sistema de bus o cable.
- Solicitar información sobre la configuración actual o estado operativo del teléfono o MODEM.
- Probar la disponibilidad del teléfono o MODEM.

2.6.3. Ejecución de Comandos AT

De los modos de operación mencionados, en el proyecto se utiliza el modo de comandos off-line, ya que cuando se emite un comando desde el sistema, se espera una respuesta al comando enviado por parte del teléfono, sin establecer una conexión para tener una transferencia continua de datos. Para ejecutar los comandos AT es necesario tener la lista de comandos que

reconoce el teléfono la misma que se la puede encontrar en www.nokia.com.

Además para establecer conexión del teléfono con el sistema Microprocesado, es necesario utilizar un cable de datos. El objetivo de utilizar los comandos AT es el extraer la información del teléfono y a la vez cargar información para responder a un determinado evento. Para el estudio de los comandos AT, se ha hecho una división de los comandos utilizados en el proyecto.

2.6.4. Comandos de Configuración

Para iniciar la comunicación con el módem del teléfono se debe enviar el comando AT + CR + LF. Los caracteres CR (*carrier return*, retorno de carro) y LF (*line feed*, avance de línea) corresponden a los números 10 y 13 decimales respectivamente que, si se usa una PC, se envían al presionar ENTER; el celular responderá devolviendo cada una de las letras (eco) de la siguiente forma:

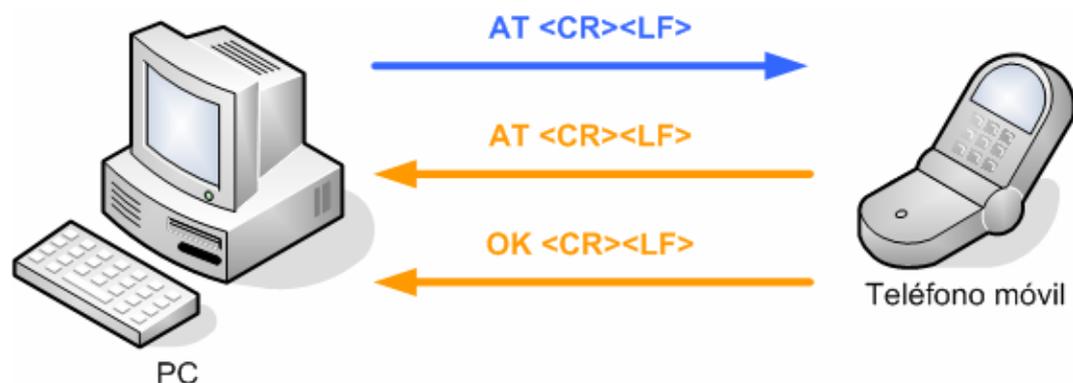


Figura 12. Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil, con eco activado.

Si existe algún problema con el módem, éste responderá con un ERROR en lugar de OK.

En la mayoría de las aplicaciones el eco es innecesario, se lo puede eliminar enviando el comando ATE0:

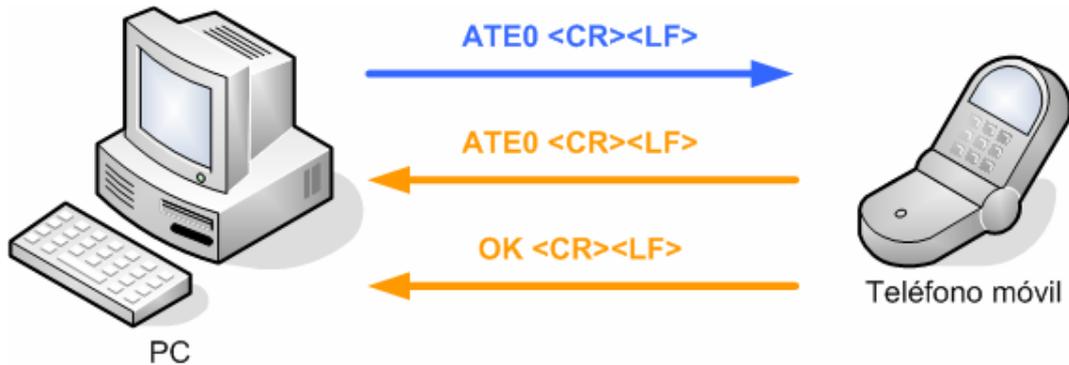


Figura 13. Eliminación del eco en la comunicación entre el PC y el teléfono móvil.

De esta forma si se envía cualquier comando al teléfono, este responderá únicamente de la siguiente forma:

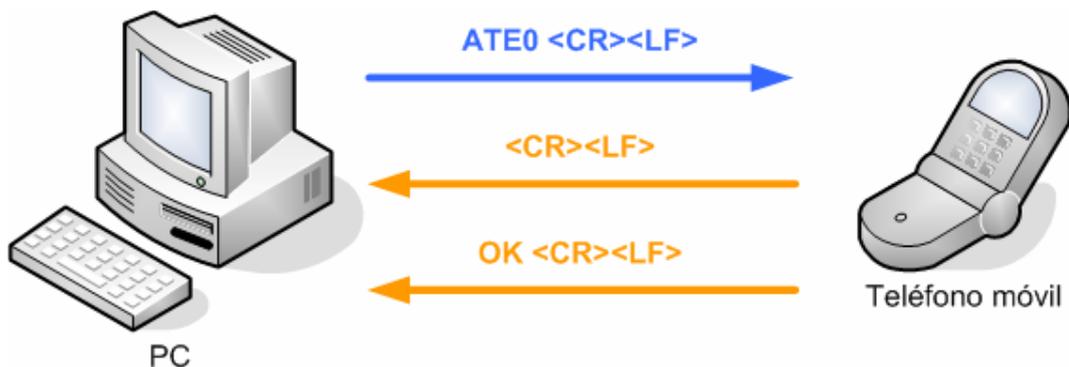


Figura 14. Inicio de comunicación entre el PC y el teléfono móvil con eco desactivado.

Cabe notar que los caracteres CR y LF no son desplegados, son caracteres de control.

A continuación se describen los comandos para el envío y la lectura de los mensajes de texto.

2.6.5. Comandos Para la Lectura de Mensajes de Texto en el Celular

Los mensajes de texto pueden ser leídos y enviados en dos diferentes formatos:

PDU y texto plano, algunos celulares incorporan ambas opciones pero la mayoría solo dispone de uno.

Para desplegar los mensajes se deben realizar configuraciones iniciales que permitan escoger el formato que se va a utilizar, el lugar de almacenamiento desde donde se van a extraer los mensajes y si se van a borrar después de su lectura.

- Se configura el formato de los mensajes con el comando *AT+CMGF*, seguido del parámetro 0 para PDU y 1 para Texto, de la siguiente forma:

$$AT+CMGF = 1$$

Si el formato es soportado, el celular responderá con un OK, de lo contrario responderá con un ERROR. Para verificar los formatos soportados se puede enviar el comando:

$$AT+CMGF=?$$

El celular responderá con *+CMGF: (0,1)* si soporta ambos.

- Se configura la memoria de la que se extraerá el mensaje. Los teléfonos GSM pueden almacenar los

mensajes en la tarjeta SIM o en la memoria interna del teléfono, la misma que tiene una mayor capacidad. Esto se hace con el comando AT+CMPS seguido de "ME" para memoria interna o "SM" para la memoria de la tarjeta SIM:

AT+CPMS = "ME"

Si no existe ningún problema el teléfono responderá con el código:

+CPMS:[usado1],[total1],[usado2],[total2],[usado3],[total3]

Cada uno de los parámetros indica las localidades usadas y el total disponible. La localidad 1 pertenece a la memoria interna, la localidad 2 pertenece a la memoria de la SIM y la localidad 3 es un conjunto de ambas memorias. Si existe un problema se reportará la respuesta ERROR.

Si se necesitan desplegar todos los mensajes de la memoria configurada que cumplen con cierta característica se utiliza el comando AT+CMGL="parámetro".

El campo "parámetro" puede ser REC UNREAD para desplegar todos los mensajes no leídos, REC READ despliega todos los mensajes leídos, STO UNSENT muestra los mensajes que no han podido ser enviados y ALL muestra todos los mensajes almacenados en la memoria configurada.

Para nuestro caso se necesitan leer los mensajes nuevos, esto se hace de la siguiente forma:

AT+CMGL="REC UNREAD"

Este comando despliega los mensajes entrantes que no han sido leídos todavía.

Una vez desplegados, los mensajes se catalogan como leídos o REC READ.

Si el comando se ejecuta correctamente el teléfono generará un mensaje +CMGL, que indica que sí existe el mensaje. En la figura 15 se detalla el proceso para leer mensajes nuevos y los campos de información que se adjuntan.

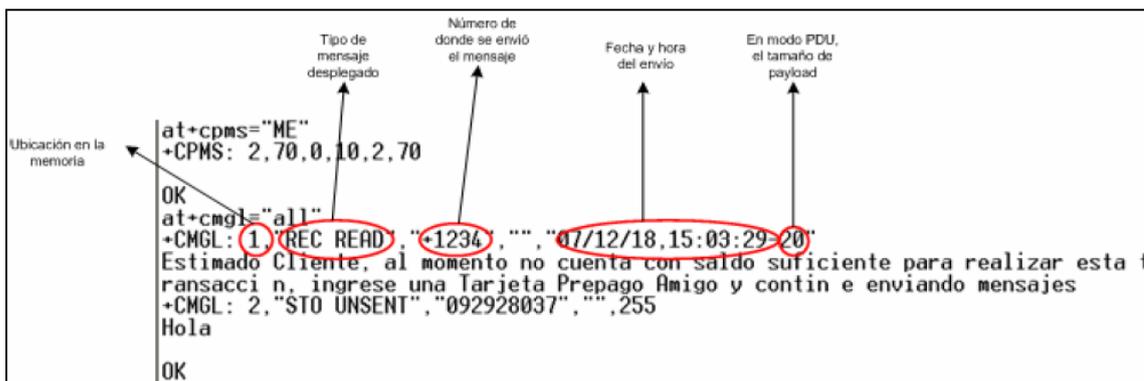


Figura 15. Envío de comandos para leer mensajes nuevos.

Si no existen mensajes para su despliegue, el celular responde con un OK. Para poder utilizar el comando anterior, el teléfono debe estar configurado en formato texto, por esta razón pueden leerse como se muestra en la Figura 15. Si se configura el modo PDU los mensajes no se pueden leer porque son codificados.

2.6.6. Comandos Para Enviar Mensajes de Texto Desde el Celular

Los envíos se pueden realizar en formato texto y formato PDU, es claro que la forma más fácil y rápida

es en formato texto, a continuación se presenta esta forma:

- Para enviar los mensajes se debe configurar el formato y la memoria a utilizarse al igual que la configuración en la lectura.
- El proceso de envío se inicia con el comando:

AT+CMGS = "# Teléfono"

El celular responde con el signo ">". Esta es la señal que da el celular para empezar a escribir el contenido del mensaje

- Una vez terminado el paso anterior, se determina el envío del mensaje con el símbolo ASCII 26 o Ctrl+Z.
- Transcurrido un tiempo el celular responderá con el código +CMGS:<mr> si el envío fue exitoso, donde mr es un número entre el 0 y 255 que determina el estado del envío.

2.7. Microcontroladores

El Microcontrolador es hoy en día el pilar fundamental para los más exigentes diseños electrónicos de este siglo, constantemente nos vemos rodeados de microcontroladores y en unos años serán indispensables para la vida cotidiana. Los Microcontroladores de 8 bits se han desarrollado hasta el punto de estar presentes en casi todo elemento de control electrónico.

En la memoria del Microcontrolador sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada según el algoritmo que le sea designado a seguir,

sus líneas de entrada y salida soportan la conexión de sensores y actuadores del dispositivo a controlar, una vez grabado el software y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada previamente.

2.7.1. Microcontrolador PIC16F876A

Este Microcontrolador es fabricado por Microchip, familia a la cual se le denomina PIC. El microcontrolador posee una memoria RAM de 368 Bytes, memoria de programa de 8K de 14 bits y memoria de datos EPROM de 256 bytes. Puede funcionar con un cristal oscilador externo de hasta 20MHz obteniéndose 200ns en cada ciclo de instrucción, característica que lo hace sumamente rápido, se considera dentro de la familia de micros de gama media.

Posee un puerto hardware serial (USART) que puede ser asincrónico o sincrónico, su buffer de entrada es de 3 bytes, es decir, puede recibir hasta 3 bytes a la vez antes de apagar la interfaz por desborde.

2.7.2. Características Principales

- Procesador de arquitectura Risc avanzada.
- Juego de 35 instrucciones con 14 bits de longitud
- Hasta 8k palabras de 14 bits para la memoria de programa tipo FLASH
- Hasta 368 bytes de memoria de datos RAM
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM
- Hasta 14 fuentes de interrupción internas y externas.
- Modos de direccionamiento directo e indirecto.

- Power-on-Reset
- Perro Guardian WDT
- Modo SLEEP de bajo consumo
- Código de protección programable.
- Bajo consumo menor a 2mA valor para 5V y 4MHz, 20 uA para 3V y 32MHz, menor a 1uA en standby.

2.7.3. Periféricos.

- Timer0: Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador de 8 bits
- Timer1: Contador/Temporizador de 16 bits con pre-escalador.
- Dos módulos de captura, comparación y PWM
- Convertidor Analógico/Digital de 10 bits, 8 bits, hasta 8 canales.
- Puerto Serie Síncrono (SSP)
- Puerto Serie Universal (USART/SCI)
- Puerto Paralelo Esclavo (PSP) de 8 bits con líneas de protocolo

2.7.4. Diagrama de Pines y Funciones.

A continuación se describe el nombre y la función de cada uno de los pines que conforman el Microcontrolador PIC16F876A

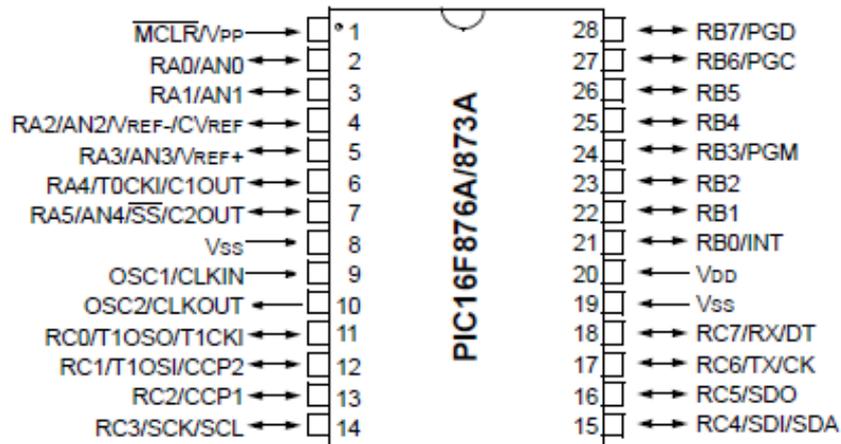


Figura 16. Microcontrolador PIC16F876A

Como se aprecia en la Figura 15, el PIC16F876A tiene 28 pines de los cuales 22 son de entrada/salida agrupados en 3 puertos, el consumo de potencia es bajo, menor a 0.6 mA con alimentación de 3V y frecuencia de 4Mz.

2.7.5. Puertos de Entrada/Salida

El microcontrolador PIC16F876A dispone de 3 puertos.

Puerto A (RA0-RA6)

Dispone de 6 líneas bidireccionales de E/S. Las líneas RA0-RA3 y RA5 admiten niveles de entrada TTL y de salida CMOS, además disponen de líneas de entradas analógicas. La línea RA4//T0CKI dispone de un circuito Schmitt Trigger que proporciona una buena inmunidad al ruido y la salida tiene drenador abierto. RA4 multiplexa su función de E/S con la entrada de impulsos externos para TMR0.

Puerto B (RB0-RB7)

Consta de 8 líneas bidireccionales de E/S RB0-RB7, cuya información se almacena en el registro PORTB que ocupa la dirección 6 del banco 0. El registro de configuración TRISB ocupa la misma dirección en el banco 1. La línea RB0/INT tiene dos funciones multiplexadas. Además de pin de E/S, actúa como pin para la petición de una interrupción externa, cuando se autoriza esta función mediante la adecuada programación del registro INTCON.

Puerto C (RC0-RC7)

Es un puerto de 8 líneas bidireccionales y trabaja de forma similar que los puertos anteriores.

2.8. Comunicación Serial

La comunicación serial es el protocolo utilizado para la transmisión de datos y opcionalmente alguna línea o líneas para protocolo, además de ser el protocolo de comunicación de varios dispositivos que incluyen un puerto RS-232 (Figura 17).

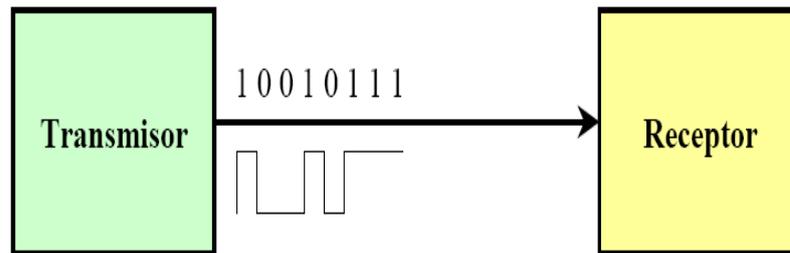


Figura 17. Comunicación serial

El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aun y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de

un byte completo por vez, se opto por este método de comunicación por ser más sencillo y por ser esta la comunicación que entiende un teléfono celular, la desventaja obvia de la comunicación serie es que los bits de un dato se envían de a uno por uno, de manera que mientras que la comunicación en paralelo envía en un ciclo un dato de 8 bits, a la comunicación serie le toma más de 8 ciclos (ya que además del dato en la comunicación serie se requiere agregar algunos bits de sincronización).

2.8.1. El Puerto Serie USART del PIC16F876A

La USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) es uno de los dos periféricos contenidos en el PIC que le permiten realizar comunicación en serie. El otro es el MSSP (Máster Synchronous Serial Port), el cual no se ha utilizado en la implementación de este sistema.

La USART, también conocida como SCI (Serial Communications Interface) puede configurarse como una unidad de comunicación en serie para la transmisión de datos asíncrona con dispositivos tales como terminales de computadora o computadoras personales, o bien para comunicación síncrona con dispositivos tales como convertidores A/D o D/A, circuitos integrados o memorias EEPROM con comunicación serie, etc.

La gran mayoría de los sistemas de comunicación de datos digitales actuales utilizan la comunicación en serie, debido a las grandes ventajas que representa estamanera de comunicar los datos.

La USART del PIC puede ser configurada para operar en tres modos:

- ✓ Modo Asíncrono (full duplex), transmisión y recepción simultáneas
- ✓ Modo Síncrono - Maestro (halfduplex)
- ✓ Modo Síncrono - Esclavo (halfduplex)

2.8.2. Modo Asíncrono

En este modo la USART usa un formato estándar NRZ asíncrono, el cual para la sincronización usa: 1 bit de inicio (I), 8 o 9 bits de datos y 1 bit de paro (P). Mientras no se están transmitiendo datos la USART envía continuamente un bit de marca (Figura 18), cada dato es transmitido y recibido comenzando por el LSB. El hardware no maneja bit de paridad, pero el noveno bit puede ser usado para este fin y manejado por software.

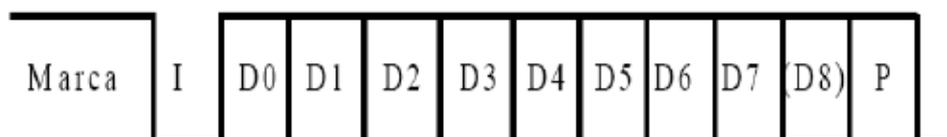


Figura 18.Modo Asíncrono USART

2.8.3. Protocolo RS-232.

EIA RS-232 es una interfaz para el intercambio serial de datos binarios entre un DTE (Equipo Terminal de datos) y un DCE (Equipo de Comunicación de datos).



Figura 19. Interfax RS-232

La EIA (Electronics Industry Association) elaboró la norma RS-232, la cual define la interface mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial.

Todas las normas RS-232 cumplen con los siguientes niveles de voltaje:

- Un "0" lógico es un voltaje comprendido entre -5v y -15v en el transmisor y entre -3v y -25v en el receptor.
- Un "1" lógico es un voltaje comprendido entre +5v y +15 v en el trasmisor y entre +3v y +25 v en el receptor.

El RS-232 consiste en un conector tipo DB-25 (de 25 pines), aunque es normal encontrar la versión de 9 pines (DB-9), más barato e incluso más extendido para cierto tipo de periféricos (como el ratón serial del PC).

Cada pin puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos:

Cuadro No. 1 Pines de un Conector Serial DB-9

Pin	Función
TXD	Transmitir Datos
RXD	Recibir Datos
DTR	Terminal de datos listo
DSR	Equipo de datos listo
RTS	Solicitud de envío
CTS	Libre para envío
DCD	Detección de Portadora

Elaborado Por: El Autor

Las señales TXD, DTR y RTS son de salida, mientras que RXD, DSR, CTS y DCD son de entrada. La masa de referencia para todas las señales es SG.

Cuadro No. 2 Señales seriales en los conectores DB-25 y DB-9

Pin DB25	Pin DB9	Señal	Descripción	E/S
1	1	-	Chasis	-
2	3	TXD	Transmit Data	S
3	2	RXD	Receive Data	E
4	7	RTS	RequesttoSend	S
5	8	CTS	Clear toSend	E
6	6	DSR	Data set Ready	E
7	5	SG	SignalGround	-
8	1	CD/DCD	(Data)CarrierDetedt	E
15	-	TXC*	TransmitClock	S
17	-	RXC*	ReceiveClock	E
20	4	DTR	Data Terminal Ready	S
22	9	RI	Ring Indicator	E
24	-	RTXC*	Transmit/ReceiveClock	S

*= No conectado en el DB25

Elaborado Por: El Autor

La interfaz RS-232 es el estándar más usado en las comunicaciones seriales, enlaza dos dispositivos conectados a la línea transmisora de un equipo con la línea receptora del otro.

Ambos terminales pueden conversar simultáneamente (full duplex), además, puede haber líneas de protocolo destinadas a controlar las comunicaciones, pero su implementación varía ampliamente y no se utiliza en muchos casos.

El enlace RS-232 envía señales de tensión por las líneas, con referencia a tierra, dispone de un alcance máximo de 15 metros entre equipos y un amplio rango de velocidades de transmisión de datos. RS-232 permite agregar o borrar bits al tren de datos seriales, los bits que se emplean son de inicio, parada y paridad, además son controladas independientemente la transmisión, recepción, estados de línea, configuración de datos e interrupciones.

Las características de la interfaz serie son totalmente programables y emplea los siguientes parámetros:

- 6, 7 u 8 bits por carácter.
- Detección de paridad par, impar o no paridad.
- Generación de 1, 1.5 o 2 bits de parada.
- Generación de velocidad alta de transmisión.

CAPITULO III

3. Diseño e Implementación del Prototipo

3.1. Introducción

El proyecto contempla el diseño de un prototipo de adquisición de datos, que permita la automatización de los procesos de lectura, corte y reconexión de energía eléctrica de un medidor electrónico monofásico, mediante la utilización de un sistema Microprocesado, el mismo que se comunica con un celular GSM de forma serial con el cual se accede a la red celular para enviar la lectura obtenida por medio de mensajes de texto.

Para el diseño de este prototipo, se debe tomar en cuenta muchos factores tanto en la calidad de los elementos electrónicos como en la factibilidad de desarrollo e implementación del mismo dentro de un escenario real.

Esto se logra buscando las mejores alternativas en el mercado, con un proceso minucioso de elección de dichos componentes para obtener los mejores resultados. En la Figura 20 se indica el diagrama general del prototipo.

Para explicar de mejor manera el funcionamiento del hardware se hará uso de las funciones que realiza el sistema:

1. Adquisición de datos del medidor de energía.
2. Envío de la lectura obtenida.
3. Solicitud de corte o reconexión de energía.



Figura 20. Esquema General del Prototipo

3.1.1. Adquisición de Datos del Medidor.

La adquisición de datos del medidor se obtiene directamente de los pulsos que envía el mismo a través de su salida opto-acoplada mediante el opto-acoplador PS2501 que posee. Este opto-acoplador está constituido por un diodo emisor de luz y un foto-transistor NPN.

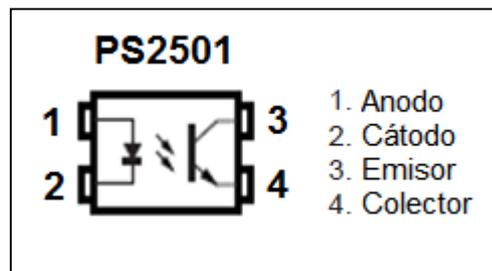


Figura 21. Opto-acoplador interno del medidor PS2501

Para que el Microcontrolador pueda leer los pulsos que envía el medidor, es necesario realizar un pequeño circuito en el lado del foto-transistor para que éste envíe el pulso de 5v hacia el Pic y así poder realizar el proceso. Esto lo podemos observar en la Figura 22.

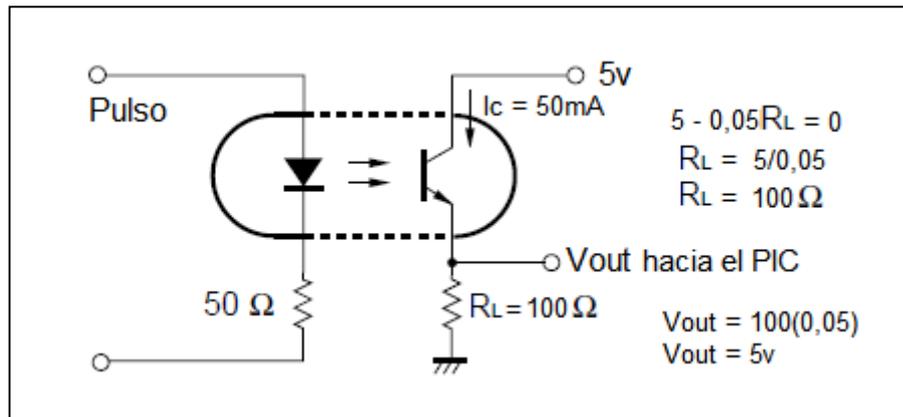


Figura 22. Acondicionamiento de la señal

De esta forma, cada vez que se produce un pulso en el diodo emisor, el foto-transistor entra en saturación y obtenemos una caída de 5v en la resistencia, la misma que nos sirve para enviarla directamente hacia la interrupción externa del Microcontrolador y así poder procesar los impulsos del medidor.

Como dato del medidor, se tiene que 1600 impulsos corresponden a 1kWh, este dato es una constante de fábrica de estos medidores y nos sirve para poder realizar el conteo de los kWh consumidos.

Cabe mencionar que esta interfaz no está limitada a un solo tipo o marca de registrador, al contrario sirve para cualquier tipo de medidor siempre y cuando posea una salida de impulsos (salida opto acoplada).

En el diseño del circuito, también se considera la posible suspensión de energía, es decir que todo el circuito quede sin alimentación, este es un factor muy importante ya que la información que se esté procesando en ese momento se puede perder.

Para resolver este problema se programo el Microcontrolador de manera tal que tanto las lecturas del consumo de energía como el conteo de los impulsos del registrador queden almacenados en la memoria EEPROM del Microcontrolador, de esta forma cuando se restablezca el servicio de energía el Microcontrolador seguirá con el conteo normal de los impulsos desde el ultimo valor almacenado.

3.1.2. Secuencia Para el Envío de Lectura

Para que el sistema obtenga la lectura del consumo de energía, se procederá de la siguiente forma:

Se envía un mensaje de texto con el comando correspondiente de toma de lectura desde una estación móvil, una vez que llegue este mensaje al modem celular es descargado automáticamente por medio de su puerto de comunicaciones hacia el Microcontrolador.

El Microcontrolador verificará si el comando es el correspondiente para la toma de lectura, si lo es, procede a obtener la lectura almacenada hasta ese momento en su memoria EEPROM, realiza una operación matemática para obtener un resultado preciso del consumo de energía y finalmente procede a enviar los comandos AT necesarios hacia el celular para enviar el SMS con la lectura obtenida.

Además de enviar la lectura obtenida, envía el estado actual del medidor, es decir, si se encuentra el suministro de energía cortado o conectado. La Figura 23 ilustra el proceso que se realiza para enviar la lectura del medidor.

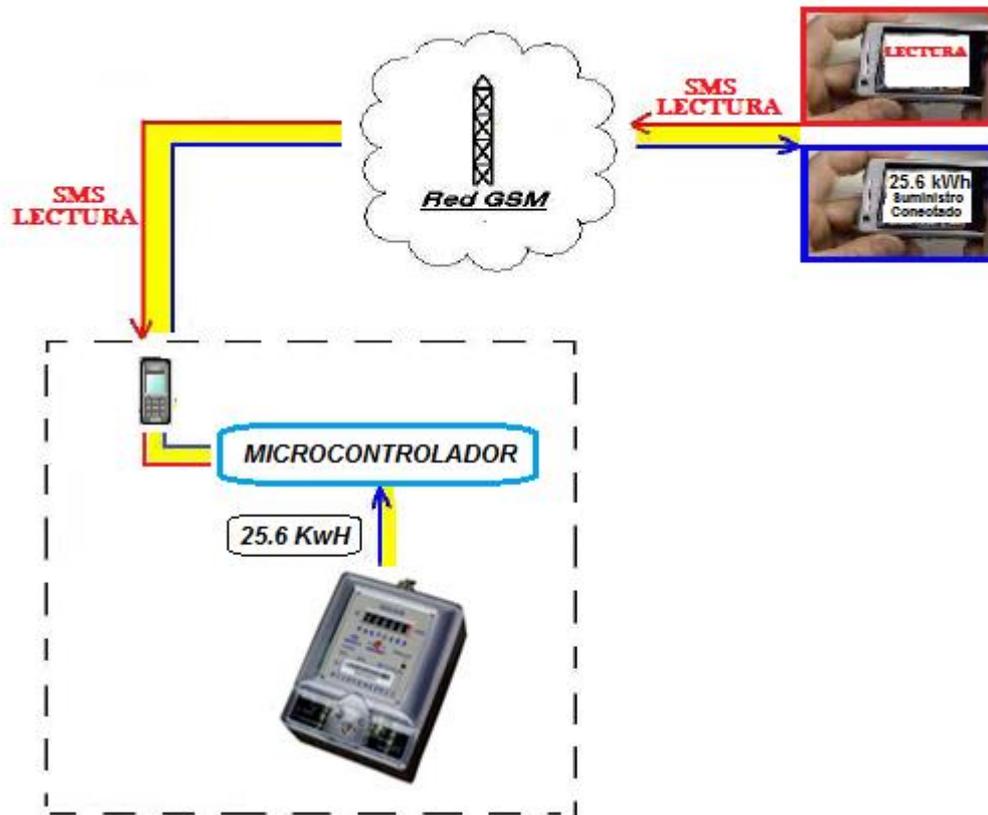


Figura 23. Secuencia Para el Envío de Lectura

3.1.3. Secuencia Para el Corte/Reconexión de Energía.

Para activar/desactivar el triac que controla el corte/reconexión de energía eléctrica, el sistema trabaja de manera similar que en la secuencia anterior.

Se envía un mensaje de texto con el comando correspondiente de corte o reconexión desde una estación móvil, este mensaje una vez que llega al modem celular es descargado automáticamente por medio de su puerto de comunicaciones hacia el Microcontrolador.

El Microcontrolador verificará si el comando enviado desde la estación móvil es de corte o reconexión del servicio, en los dos casos se procede a almacenar en la memoria EEPROM el estado en el cual quedará el suministro de energía eléctrica, cortado o conectado; posteriormente habilitará o deshabilitará el puerto RB5 el cuál controla un opto-triac que se encarga de activar/desactivar un triac que es el que suministra la energía eléctrica al abonado.

Luego, el microcontrolador por su puerto serial envía al modem celular los comandos AT necesarios para enviar un SMS confirmando la acción que se realizó si fue de corte o reconexión. Esta secuencia se muestra en la Figura 24.



Figura 24. Secuencia de Corte/Reconexión de Energía

3.2. Diseño del Circuito Para la Comunicación con el Celular.

Para la comunicación entre el celular y el microcontrolador se requiere de tres hilos: Rx, Tx, y GND. En el puerto de datos del teléfono estos corresponden a los pines 6,7, y 8 respectivamente.

La conexión se realiza mediante el cable de datos correspondiente al Nokia 6070b que es el DKU-5. Del extremo donde está el conector USB se identificó y cortó sólo las líneas de Tx y Rx, pero se mantiene el conector USB debido a que este posee internamente un chip que habilita al modem del teléfono para recibir los comandos AT cada vez que es conectado.

En la Figura 25 se ilustra el cable de datos DKU-5 utilizado para la comunicación entre el celular y el Microcontrolador.



Figura 25. Cable de datos DKU-5

Para realizar una buena comunicación entre el teléfono celular y el Microcontrolador se deben adaptar los niveles de voltaje entre estos dos dispositivos, ya que

el celular maneja niveles de voltaje de 3.3v y el Microcontrolador maneja niveles TTL que son de 5v.

Existen varias formas para realizar esta tarea, pero se optó en utilizar un convertidor de niveles de voltaje MAX-232 en el mismo que se realizó un artificio para poder acoplar los niveles de voltaje del celular, el cual se puede observar en la Figura 26.

El MAX232 tiene entradas TTL/CMOS más sensibles, por esto puede registrar de mejor forma los voltajes del celular, la salida RS232 correspondiente a la entrada TTL realimenta la entrada RS232 de otro canal del MAX, su salida TTL resultará en niveles de voltajes más adecuados para trabajar con el PIC.

El pin de transmisión del celular se conecta directamente al MAX-232 pero la salida hacia el pin receptor del celular debe acoplarse a los 3.3v que maneja el celular para lo cual se añade un diodo zener de 3.3v con lo que quedan los niveles de voltaje debidamente acoplados.

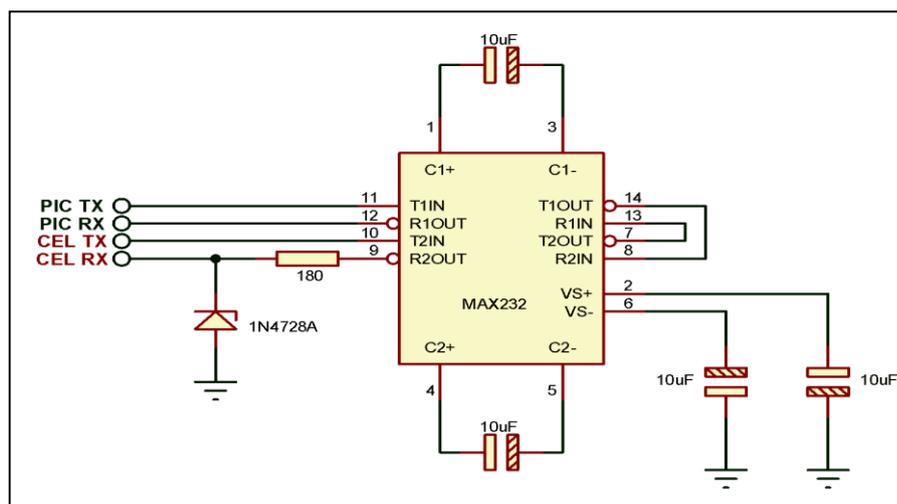


Figura 26. Diagrama de conexión usado para el PIC y el celular.

3.3. Diseño del Circuito Para Corte y Reconexión de Energía.

Este circuito es controlado por el Microcontrolador y en el medidor de energía se instalará en la línea de alimentación, para interrumpir o ceder el paso de la electricidad hacia la vivienda del abonado por medio de un triac, y un led indicador servirá para identificar en qué estado se encuentra el suministro de energía. Este circuito lo podemos observar en la Figura 27.

Cuando el Microcontrolador recibe la orden de corte o reconexión por medio de un SMS de texto desde el celular, éste pone en nivel alto o bajo su puerto RB5 el mismo que controla un opto-triacel cual se encarga de activar/desactivar un triac que actuará como un switch para permitir o interrumpir el paso de la energía eléctrica hacia el abonado.

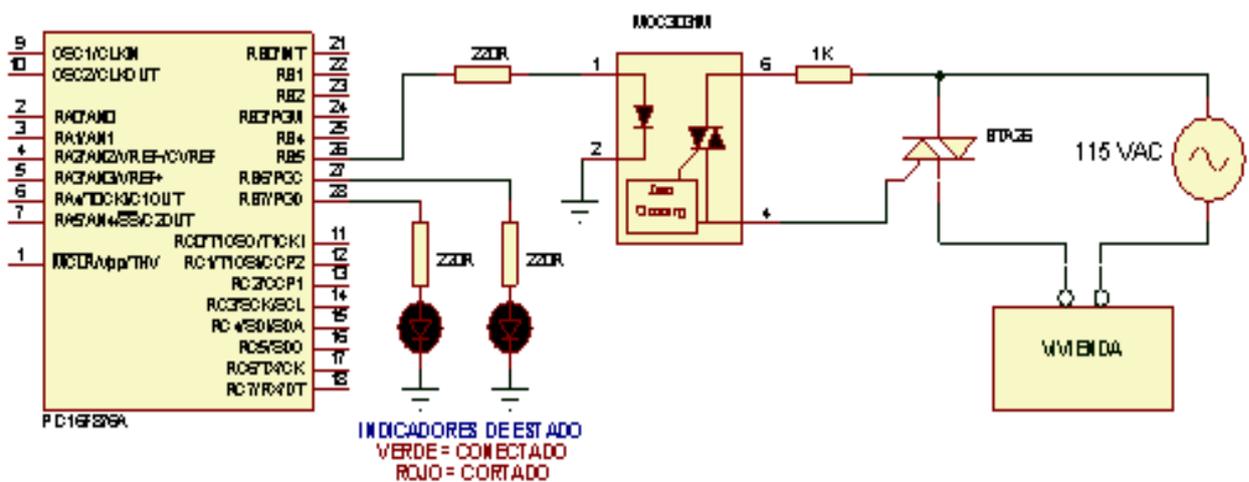


Figura 27. Circuito de Corte y Reconexión

3.4. Alimentación del Circuito

La alimentación del circuito se la obtiene directamente del circuito electrónico interno del medidor que es de 12v, este se conecta directamente al prototipo en donde un regulador de voltaje de 5 voltios (LM7805), entrega el voltaje indicado para energizar a nuestro circuito, tal como se indica en la Figura 28.

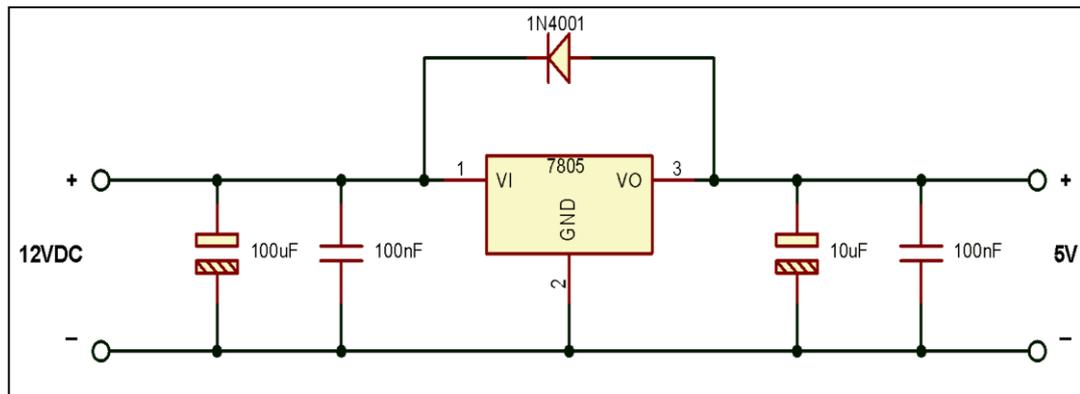


Figura 28. Circuito de Alimentación

En el circuito de alimentación del prototipo, se introduce filtros para evitar el ruido proveniente del voltaje alterno de la red de energía eléctrica con el fin de evitar el mal funcionamiento del sistema.

3.5. Esquema Completo del Circuito

En la Figura 29 se muestra el circuito esquemático completo del hardware diseñado para el funcionamiento del prototipo.

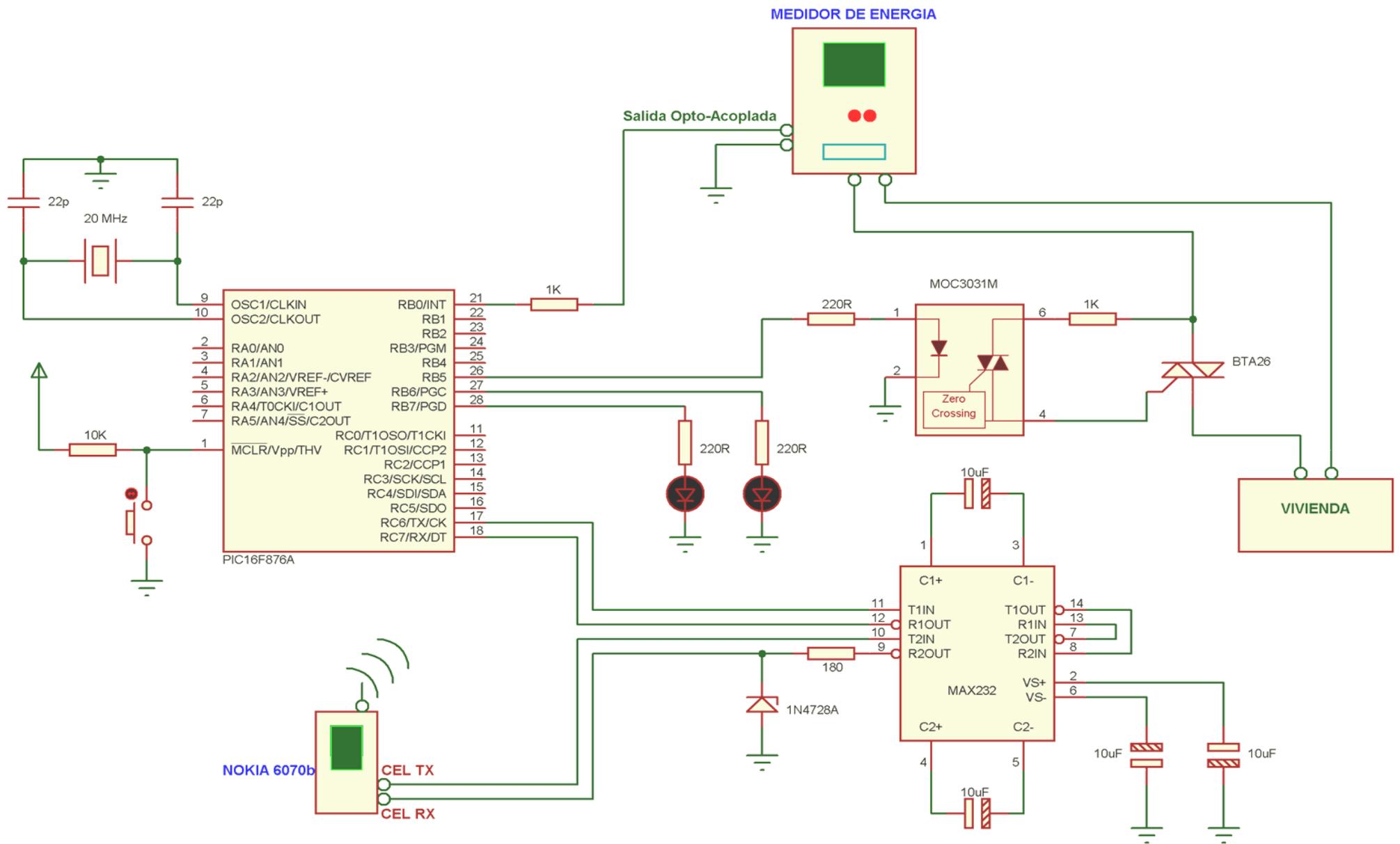


Figura 29. Esquema Completo del Circuito

3.6. Programación del Microcontrolador.

Existen muchas herramientas que permiten desarrollar proyectos con Microcontroladores PIC. Entre ellos están los compiladores que son las herramientas con las cuales se implementa el programa y que generan el archivo .HEX que será cargado al PIC. En forma básica la programación se realiza en lenguaje ensamblador, un lenguaje de bajo nivel y que presenta una dificultad notable, además incrementa el tiempo del diseño.

Hace ya muchos años compañías desarrolladoras de software han implementado compiladores de alto nivel como el C o el BASIC para desarrollar el firmware de los Microcontroladores, son herramientas extremadamente importantes y en la actualidad proporcionan un gran ahorro de tiempo y recursos al momento de desarrollar las aplicaciones.

Para el desarrollo del proyecto se utilizó el compilador en lenguaje C PCWHD V4.120 de la empresa CCS, es un compilador muy completo por la gran variedad de comandos disponibles para manejar todos los elementos incluidos en el Microcontrolador y para crear elementos virtuales como puertos de comunicación.

Para poder trabajar con el software de compilación C de una forma correcta, primero se deben establecer ciertas directivas llamadas de preprocesador.

En estas directivas se especifica el chip que se va a utilizar, la velocidad de oscilación a la cual trabajará, la velocidad de la comunicación serial y los pines que van a utilizar, de la siguiente forma:

```
#INCLUDE <16F876A.H>//Declaración del chip a usarse
#USE DELAY(CLOCK=20M) //Oscilador a 20MHz
#USE RS232(BAUD=9600, XMIT=PIN_C6, RCV=PIN_C7)
```

Establecidas las directivas de pre-procesador, se pueden utilizar funciones básicas como retardo, transmisión o recepción de datos por el puerto serial, manipulación de los pines del PIC, entre otros.

Para establecer la comunicación con el celular se utilizan los comandos AT explicados en la sección 2.6.

Partiendo de esto, lo primero que se debe realizar es comprobar el estado del celular, si no está conectado no se puede brindar el servicio, esto debe ser visible para el usuario y de esta forma pueda arreglarlo si le es posible.

Esta comprobación se realiza enviando los comandos AT iniciales para configurar el modem, con los cuales se desactivará el eco, se configurará para trabajar en modo de texto y se activará la recepción automática de los sms para descargarlos directo al Microcontrolador cuando sean enviados.

Al enviar estos comandos, el modem celular debe responder con un OK lo cual indica que el modem está activado y listo para trabajar. El Microcontrolador al recibir este dato, pone en alto el puerto RB7 con el fin de encender un led indicador de estado de activación del modem, lo cual permite al usuario verificar que el sistema está configurado de forma correcta y listo para operar.

Para realizar este proceso se crea una función llamada `Modem_on()` cuyo diagrama de flujo se muestra en la Figura 30.

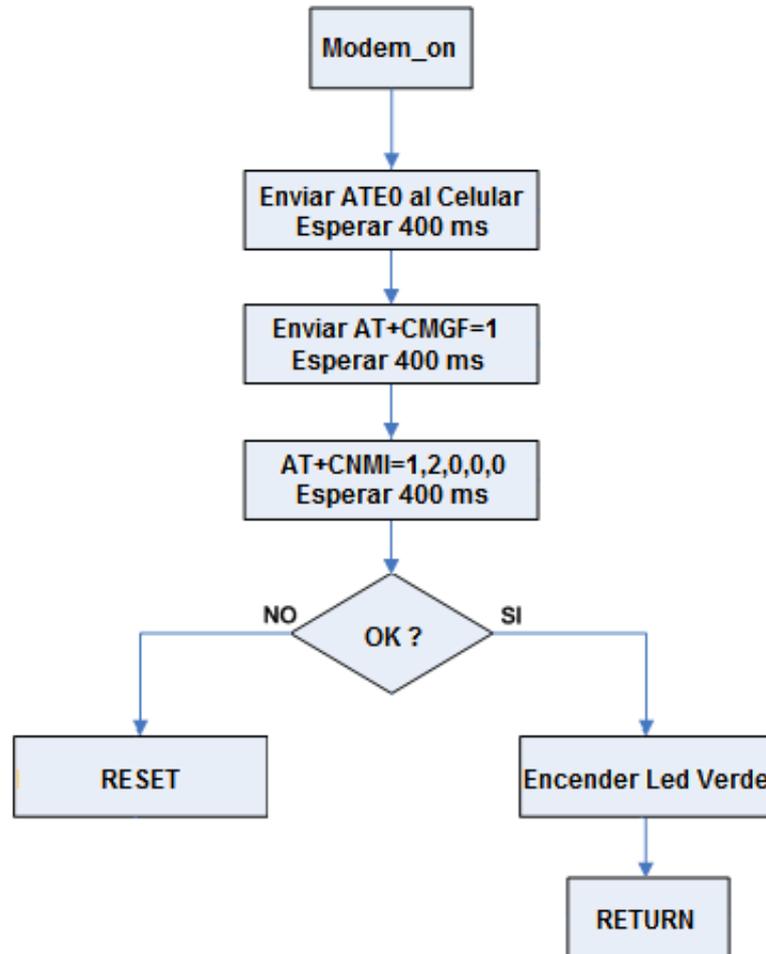


Figura 30. Diagrama de flujo de configuración del celular

La función `Modem_on()` se ejecutará siempre que se ponga en funcionamiento el circuito y el código en lenguaje C resultante es el siguiente:

```
void Modem_on()
{
printf("ATE0\r\n"); //Desactiva el eco
delay_ms(400); //Espera de 400ms
printf("AT+CMGF=1\r\n"); //Modo texto
delay_ms(400); //Espera de 400ms
printf("AT+CNMI=1,2,0,0,0\r\n"); //Recepción de mensajes

if(okring[0]=="O") //Se recibió OK?
{
output_high(pin_B7); //Encender Led indicador
delay_ms(2000); //Esperar 2 segundos
output_low(pin_B7); //Apagar Led indicador
}
}
```

Si el modem del celular está activado, este responderá con un OK. Para esto se espera recibir la letra "O", si no llega este caracter, no se encenderá el led indicador.

Si no se enciende el led indicador, quiere decir que el modem no se ha activado, en este caso se debe volver a conectar el cable de datos y reiniciar al microcontrolador para que vuelva a ejecutar la función hasta que se establezca comunicación con el celular.

Si el modem ha sido activado y configurado satisfactoriamente, el siguiente paso que realiza el microcontrolador es obtener de su memoria EEPROM el estado en el que se encuentra el suministro de energía, si está

cortado o conectado así como también obtenerla lectura almacenada hasta ese momento con el propósito de que el nuevo conteo de los impulsos que envía el medidor sean añadidos a dicha lectura. Este procedimiento se explica con el diagrama de flujo de la Figura 31.

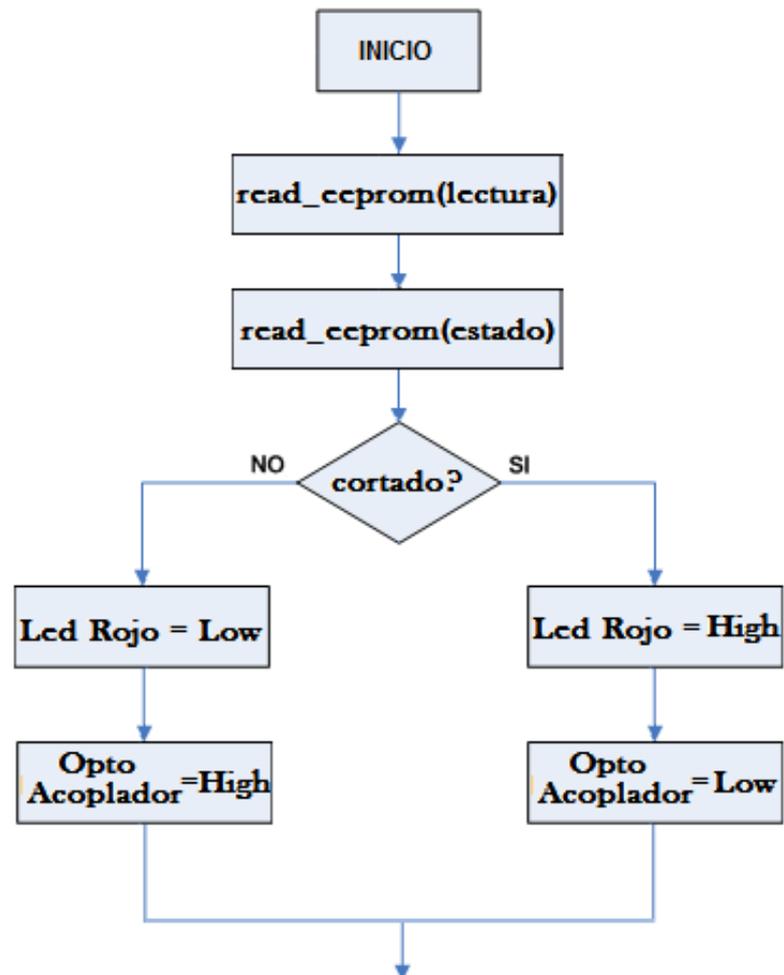


Figura 31.Diagrama de flujo de lectura de consumo y estado de suministro de energía eléctrica

Una vez realizadas estas tareas, el microcontrolador entra en un lazo repetitivo a la espera de una interrupción externa producto de los impulsos que ingresan desde el medidor de energía o de una interrupción por recepción serial ocasionada por la

transmisión de datos del celular producto de la llegada de un SMS.

3.6.1. Adquisición de Datos.

Para realizar la adquisición de datos desde el medidor se utiliza una de las herramientas más útiles de los microcontroladores, las interrupciones externas.

El PIC posee 5 fuentes de interrupciones externas, todas ellas en el pòrtico B. El pin 0 de dicho pòrtico (RB0), es utilizado como interrupción externa individual, es una entrada digital que lo hace apropiado para detectar cambios de estados con disparadores externos; las otras 4 fuentes de interrupciones externas están en los pines 4, 5, 6 y 7, no son individuales, es decir, solo se sabe que se generó un cambio de estado en cualquiera de los cuatro pines.

Para la lectura de los pulsos del medidor, se utilizó la interrupción externa RB0. Para utilizar esta herramienta en el compilador C se debe declarar en la sección de MAIN el flanco que producirá la activación de la interrupción, habilitar la interrupción y generar el código que se ejecutará en cuanto sea detectada dicha interrupción.

El flanco de activación se determina con la instrucción `EXT_INT_EDGE(edge)`, con esta instrucción definimos si la interrupción se activará con un flanco de subida o de bajada. En nuestro caso utilizamos la activación por flanco de subida con lo que la función queda declarada de la siguiente forma:

```
ext_int_edge( L_TO_H );
```

Para habilitar la interrupción, se usan las instrucciones `ENABLE_INTERRUPTS(INT_EXT)` y `ENABLE_INTERRUPTS(GLOBAL)`.

De esta forma, cada vez que el medidor envía un pulso, se activa esta interrupción y se ejecuta la tarea asignada para la misma.

Ya que el microcontrolador está en constante comunicación con el celular, no puede ser interrumpido pues habría pérdida de datos. Para evitar este problema, el código que se ejecutará cuando se produzca la interrupción solo activará una variable global:

```
#INT_EXT
voidEXT_isr()
{
pulso = 1;
}
```

El cambio en los valores de esta variable no abarca demasiado tiempo y no se producirá la pérdida de información desde el celular.

Esta es la forma como se obtiene los datos del medidor para realizar el proceso de lectura del consumo de energía. El diagrama de flujo de la Figura 32 muestra todo el proceso de adquisición de datos.

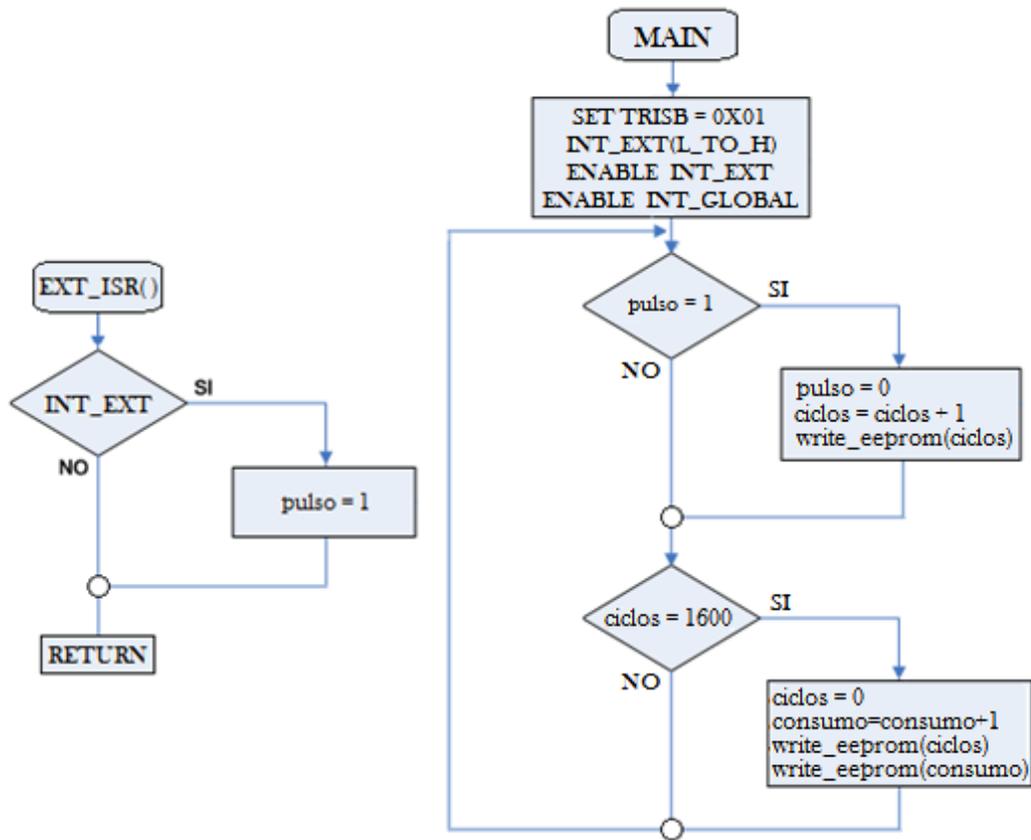


Figura 32. Adquisición de Datos por Interrupción Externa

El código generado en C para el microcontrolador según el diagrama es el siguiente:

```

int señal = 0; // Declaración de variables
float ciclos = 0, consumo = 0;

.....

#int_EXT
void EXT_ISR() { // Interrupción externa RB0
señal=1;
}

.....

void main() { // Programa principal
set_tris_b(0x01); // Configuro RB0 como entrada digital
ext_int_edge(L_TO_H); // Interrupción por flanco de subida
enable_interrupts(INT_EXT); // Habilito la
enable_interrupts(GLOBAL); // interrupción

for(;;) { // Empieza lazo repetitivo indefinidamente
if(señal==1) { // Ingreso un pulso??
señal=0;
impulsos=impulsos+1; // Incrementar ciclos
escribir_eeprom_16bits(0, impulsos); // Almacenar en memoria
}
}
}
  
```

```
if(impulsos==1600){//Hay 1600 ciclos?
impulsos=0;//Encerar la variable para empezar desde 0
escribir_eeprom_16bits(0,impulsos);//Almaceno en memoria
consumo=consumo+1;//Incrementar 1kWh a consumo
escribir_eeprom_float(0,consumo);//Almacenar en memoria
  }//el consumo
}
```

Es así como se realiza el proceso de lectura del consumo de energía del medidor utilizando la interrupción externa del microcontrolador.

3.6.2. Interacción PIC - Celular

Para poder enviar y recibir datos desde celular, es necesario configurar los parámetros del USART del microcontrolador, para esto se debe declarar la directiva:

```
#USE RS232 (BAUD=baudios, XMIT=pin, RCV=pin...)
```

Esta directiva permite configurar varios parámetros del USART como velocidad de transmisión, pines utilizados para la Tx/Rx, etc. También habilita el uso de funciones tales como GETC, PUTC y PRINTF.

Con la función GETC se espera recibir un carácter de 8 bits por la línea RS-232 y retornar el carácter recibido.

```
valor = getc();
```

Para evitar esperas se puede usar la función KBHIT(). Esta función devuelve un valor 0 (Falso) si no existen caracteres en el pin de recepción, o 1 (Verdadero) si ya hay un carácter listo para ser leído por la función GETC().

```
        if(kbhit()){  
valor = getc();  
        }
```

La función PUTC envía un carácter de 8 bits a la patilla XMIT del dispositivo RS232.

```
        putc(dato);
```

La función de impresión formateada PRINTF envía una cadena de caracteres al estándar serie RS-232 o a una función especificada. El formato está relacionado con el argumento que ponemos dentro de la cadena.

Cuando se usan variables, string debe ser una constante. El carácter % se pone dentro de string para indicar un valor variable, seguido de uno o más caracteres que dan formato al tipo de información a representar.

```
        printf(string);
```

Estas son las funciones que utilizamos para realizar el envío y recepción de datos entre el celular y el microcontrolador. A continuación se explica con más detalle el uso de estas funciones en la recepción y envío de mensajes.

3.6.2.1. Recepción de Mensajes de Petición de Lectura, Corte o Reconexión.

Para realizar la lectura de los mensajes es necesario configurar el formato con el que se va a trabajar, en este caso usamos el formato de texto que sirve tanto para la lectura como para la escritura de los SMS.

También el modem debe estar configurado para que al ingresar un nuevo SMS, éste sea descargado automáticamente hacia el microcontrolador, estos pasos son realizados inicialmente con la función `Modem_on()`.

Para recibir los mensajes, debemos activar la interrupción por recepción serial que dispone el microcontrolador, de este modo cuando existan datos en el pin de recepción, el microcontrolador se encargue de recibir y almacenar temporalmente estos datos para que puedan ser procesados. Para habilitar esta interrupción, se procede del mismo modo que en la interrupción externa:

```
enable_interrupts(INT_RDA);
enable_interrupts(GLOBAL);
```

De esta forma, cada vez que ingresa un mensaje desde el celular, se activa esta interrupción y se realiza la recepción de datos.

El microcontrolador debe registrar cualquier respuesta que se genere al recibir un SMS. Cuando ingresa un mensaje, el celular automáticamente envía una cadena de caracteres en la cual se indican algunos datos como número de celular que envía el SMS, la fecha y hora en que se realizó el envío y el contenido del SMS:

```
+CMT: "+59398652631",,"11/03/04,12:09:27-20"
Mensaje
```

De toda esta cadena de caracteres, lo que nos interesa es el número de celular que envía el SMS y el contenido del mismo, por lo que debemos realizar un proceso para eliminar los datos que no nos sirven.

Las peticiones de lectura, corte o reconexión de energía llegarán vía SMS y corresponden a los siguientes comandos:

- ✓ Tomar la lectura: LECTURA
- ✓ Cortar suministro: CORTAR
- ✓ Reconectar suministro: CONECTAR

Cada vez que llegue un SMS al celular, el microcontrolador procederá a obtener el mensaje y lo comparará con cada una de estas instrucciones, si no coinciden se descarta el SMS. Los siguientes diagramas muestran el proceso de recepción de un SMS.

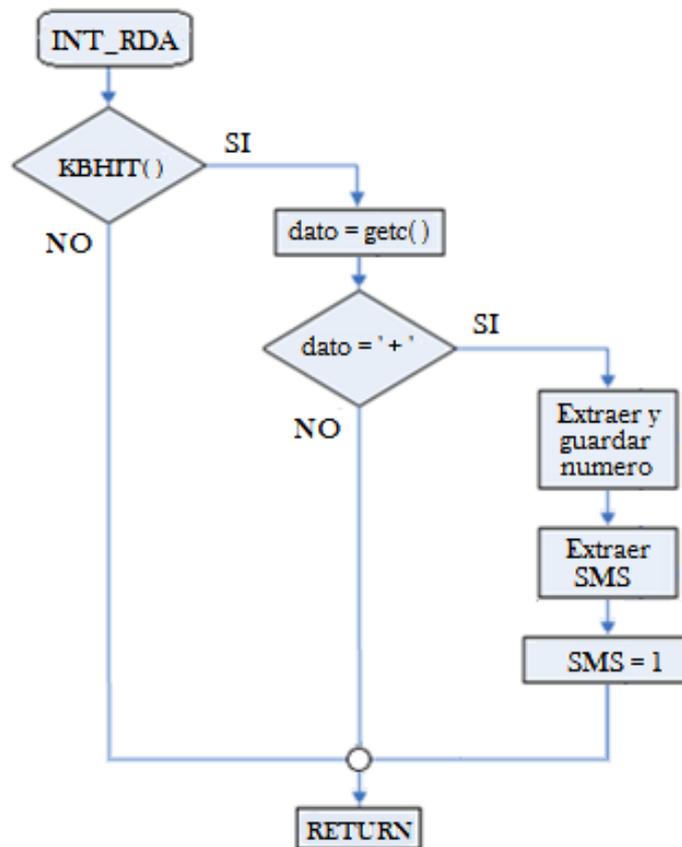


Figura 33. Interrupción por recepción serial

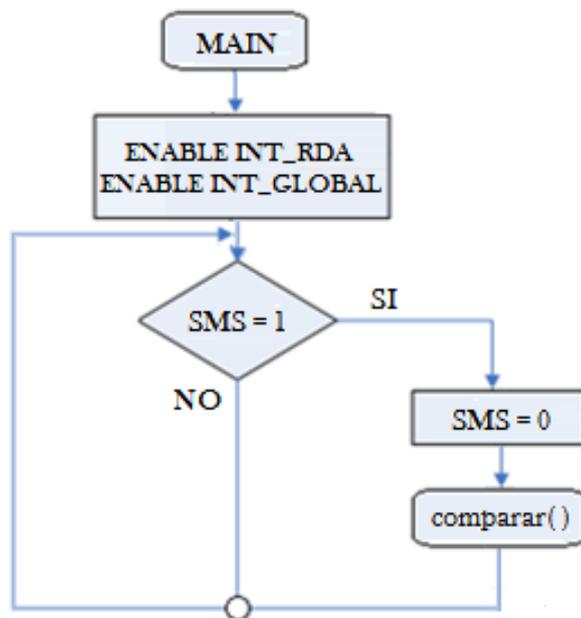


Figura 34. Programa principal

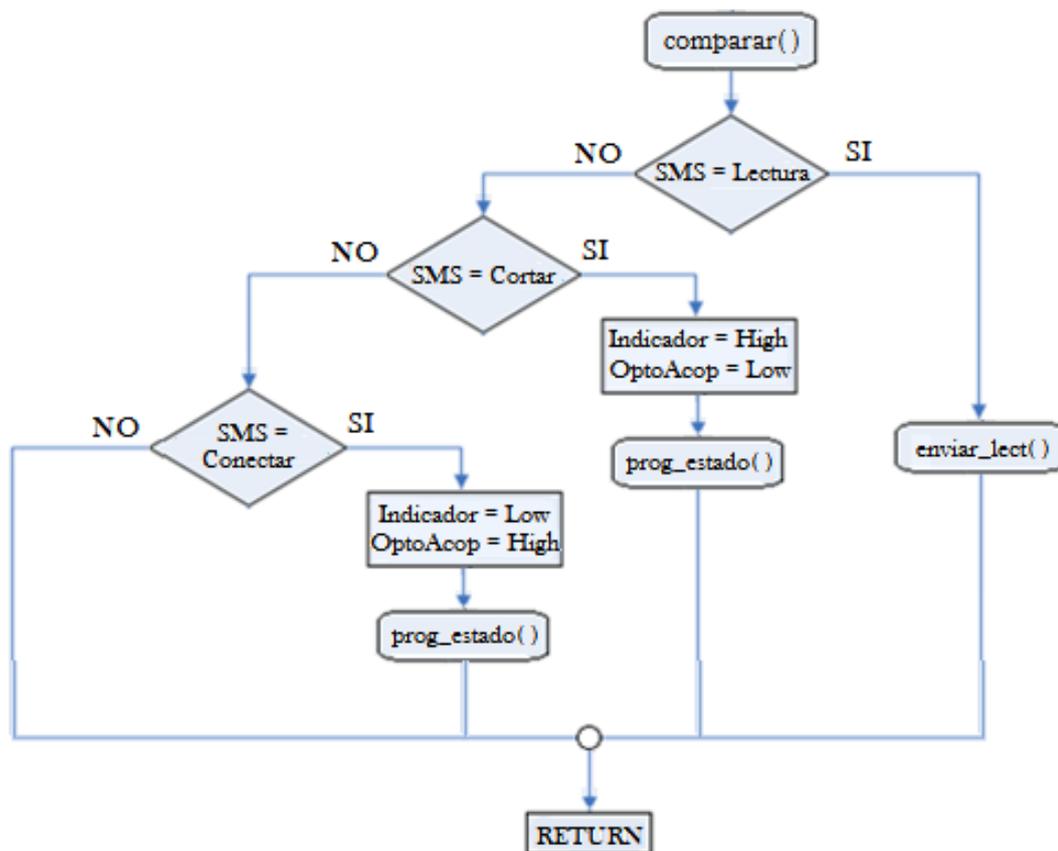


Figura 35. Función para comparación de los SMS recibidos

3.6.2.2. Envío de Lectura del Consumo de Energía.

Al recibir el SMS con la petición de lectura se llama a la función `enviar_lect()` la misma que ejecutará el procedimiento necesario para enviar el SMS.

El comando para enviar mensajes es `AT+CMGS="09XXXXXXXX"`. El celular responderá con un `>` como señal para empezar a escribir el texto del mensaje, con lo cual se activará la interrupción por recepción serial del microcontrolador para recibir este carácter. Esto nos da la pauta para saber el momento justo para redactar el mensaje. Una vez conformado el mensaje se procede a enviarlo para ello colocamos al final del texto la secuencia `Ctrl+Z`.

El destinatario del mensaje será el mismo número que envió la petición de lectura. Este número se filtra en la función de interrupción y se almacena temporalmente en la variable `num_sms`. El texto del mensaje será:

*CONSUMO: xxx kWh
Suministro de energía: CORTADO*

Del mismo modo, cuando se reciba peticiones de corte o reconexión del suministro de energía, el microcontrolador a más de ejecutar dichas tareas enviará un sms al número que envió la petición confirmando la acción que se realizó. El texto de dicho sms será:

*Suministro de energía: CONECTADO
Suministro de energía: CORTADO*

En la Figura 36 se puede observar el diagrama de flujo respectivo.

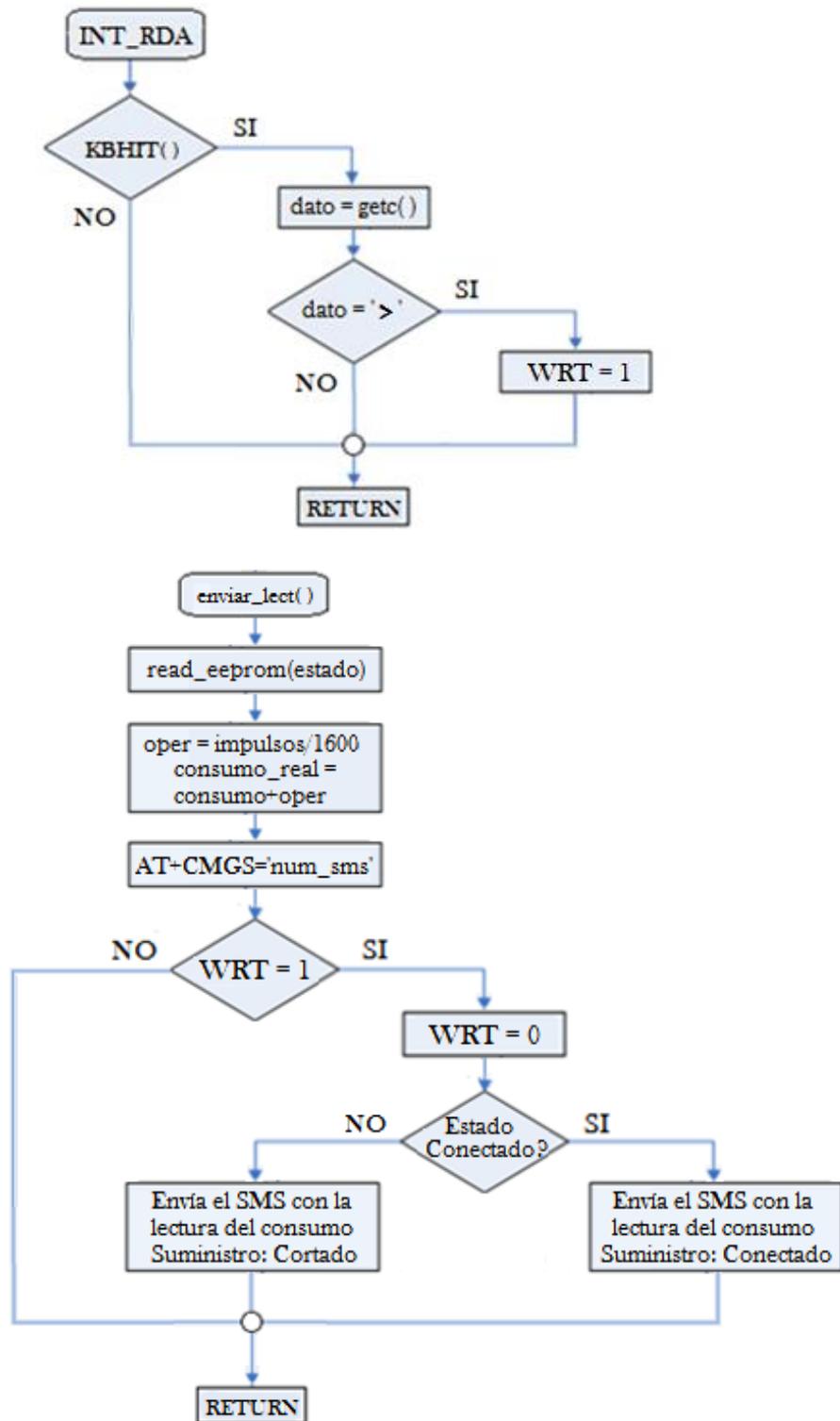


Figura 36. Diagrama del envío de la lectura obtenida

El código en lenguaje C de este proceso es el siguiente:

```
#int_RDA
void rda_isr(void) { //Interrupción serial
char c=0;
if(kbhit()){
c = getc();
if(c=='>'){
wrt=1;
c=getc();}
}
}

void enviar_lect() {
leer_eeprom_string(estado,ROM_ESTADO,ROM_ESTADO_SIZE);
operac=(impulsos/1600); //Para obtener lectura real
consumo_real=consumo+operac; //Añadimos al consumo
printf("AT+CMGS=\"0%s\"\r\n", num_sms); //Enviamos el sms
delay_ms(400);
if(wrt==1) { //Se recibió ">" ?
wrt=0;
if(estado[2]=='N') { //SUMINISTRO CONECTADO ?
printf("CONSUMO:%fKWh\r\nSuministro de
energia:CONECTADO\r\n%c", consumo_real,26); //Escribe el SMS y
ctrl+z
delay_ms(6000); // al final para enviar el SMS
}
if(estado[2]=='R') { //SUMINISTRO CORTADO ?
printf("CONSUMO: %f kWh\r\nSuministro de energia:
CORTADO\r\n%c", consumo_real,26);
delay_ms(6000);}
}
}
}
```

3.7. Implementación

El prototipo fue diseñado con todos los parámetros que se puede requerir para un óptimo funcionamiento y una presentación excelente, aquí se indica el circuito pasado a una placa de cobre.

Para implementar dicho circuito se utilizó el programa Target 3001! V15 pcb-pool, software muy potente y fácil de manejarlo.

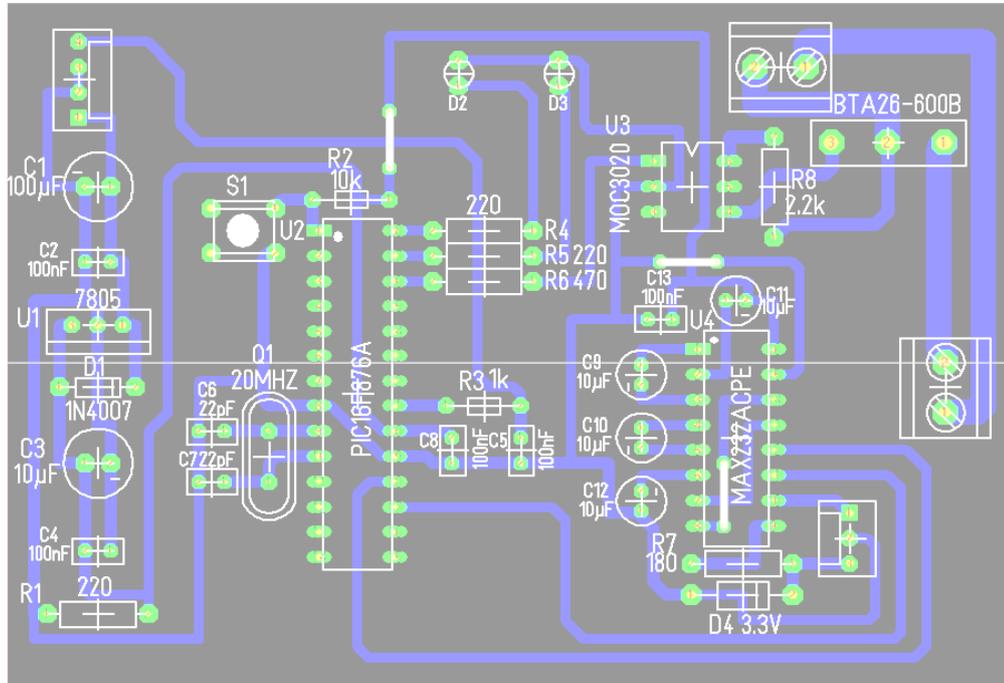


Figura 37. PCB del prototipo

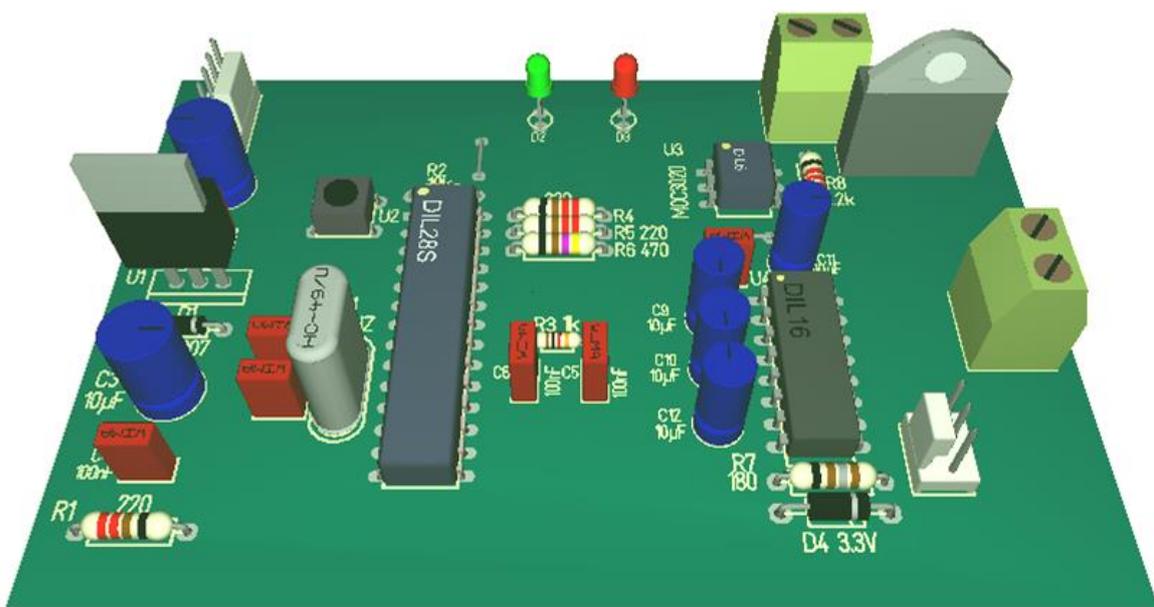


Figura 38. Vista 3D del prototipo

Para pasar el circuito a la placa se utilizo papel fotografico siendo este una excelente alternativa para imprimir las pistas conductoras en una placa de cobre, obteniendo un resultado bastante bueno.

3.8. Imagen del proyecto terminado

Una vez realizada la placa y colocados los componentes el resultado final es el mostrado el la Figura 39.



Figura 39. Imagen del Proyecto Terminado

CAPITULO IV

4. Pruebas y Resultados.

Durante el desarrollo del sistema se realizaron diferentes tipos de pruebas de cada etapa diseñada, presentando resultados bastante favorables tanto en la lectura del consumo como en las operaciones de corte y reconexión del suministro de energía.

4.1. Descripción de las Pruebas Realizadas

A continuación se detalla las pruebas que se realizó para comprobar el correcto funcionamiento del sistema. Las pruebas se dividieron de la siguiente manera:

- La primera tuvo como objetivo comprobar la correcta ejecución del programa desarrollado para el microcontrolador, utilizando el simulador del programa Proteus ISIS 7.8 Professional.
- La segunda se realizó para comprobar si el celular responde a los comandos AT, para ello se utilizó la herramienta Serial Port Monitor incluido en el compilador PCWHD.
- Finalmente se realizo pruebas reales en el prototipo para obtener la lectura del consumo de energía, envío/recepción de SMS y las operaciones

de corte y reconexión del suministro de energía.

Para estas pruebas finales se instaló el sistema en una maqueta la cual permaneció en pleno funcionamiento durante varios días y se ejecutó las diferentes operaciones del sistema, obteniendo como resultado un perfecto funcionamiento.

4.2 Pruebas del Software con el Simulador Proteus.

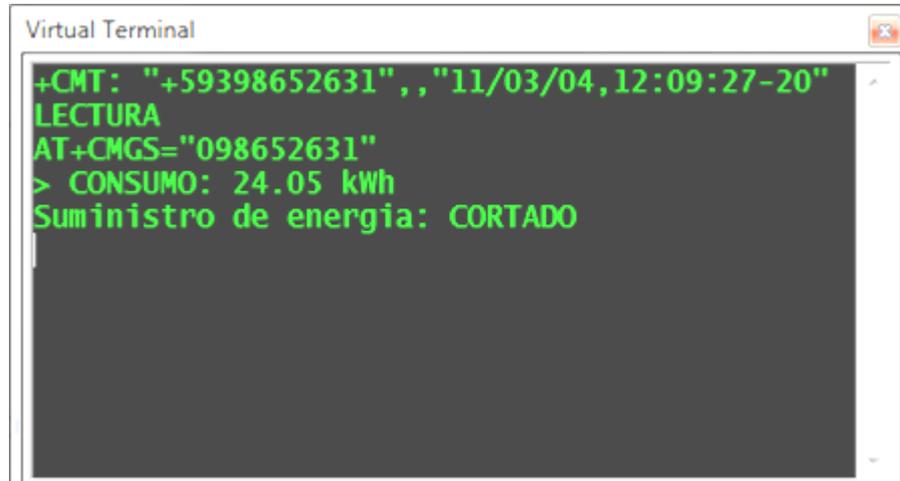
Por ser el software la base de todo el proceso, esta primera etapa de pruebas es la que demandó más detalle en su realización.

Primero realizamos la simulación de envío de pulsos del medidor. Para poder visualizar esto, incluimos en la programación la función `printf("%fpulsos\n\r",impulsos)` para así darnos cuenta si se está realizando el proceso de lectura de las señales que ingresan.



Figura 40. Ingreso de señales del medidor

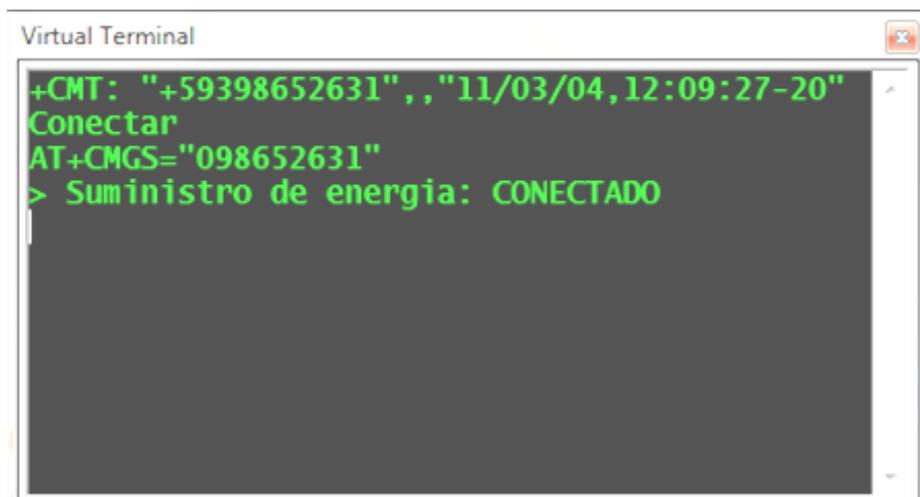
Luego se procedió a realizar la simulación de una recepción de SMS con petición de lectura. Esto se visualiza en la Figura 41.



```
Virtual Terminal
+CMT: "+59398652631",,"11/03/04,12:09:27-20"
LECTURA
AT+CMGS="098652631"
> CONSUMO: 24.05 kWh
Suministro de energia: CORTADO
```

Figura 41. Petición de lectura del consumo

Finalmente se procedió a realizar la simulación de una recepción de SMS con petición de reconexión de suministro de energía. Esto se visualiza en la Figura 42.



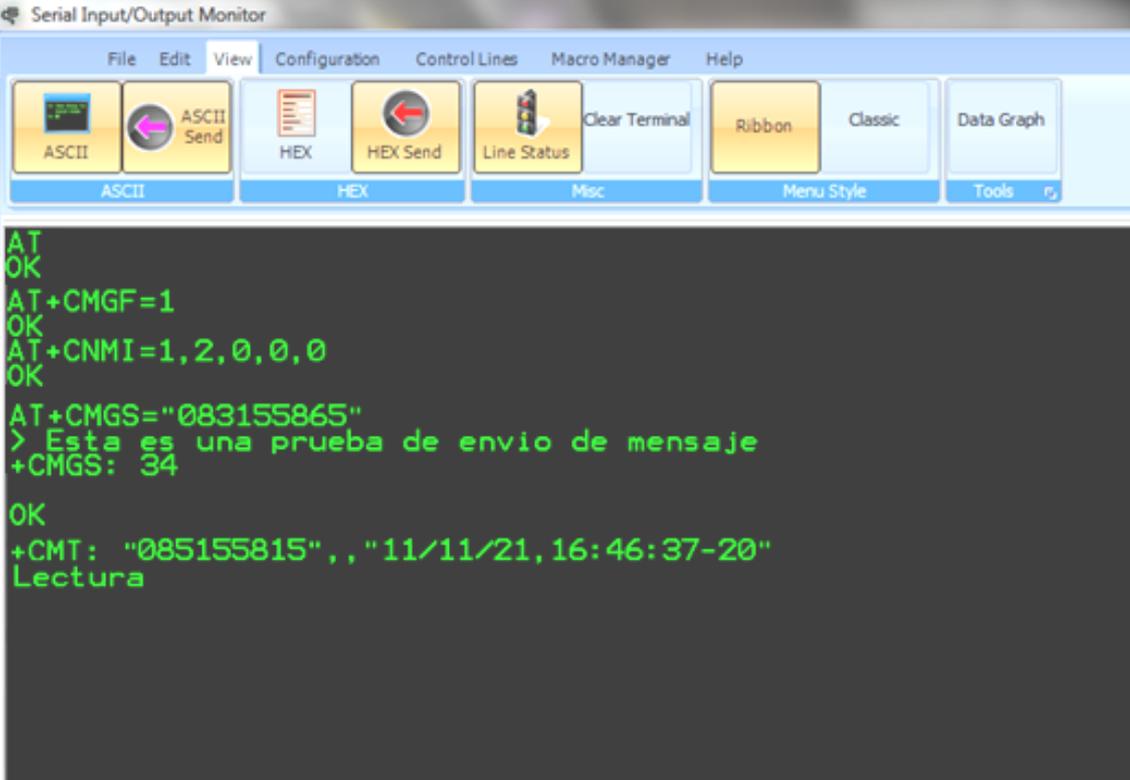
```
Virtual Terminal
+CMT: "+59398652631",,"11/03/04,12:09:27-20"
Conectar
AT+CMGS="098652631"
> Suministro de energia: CONECTADO
```

Figura 42. Petición de reconexión del suministro

4.3 Pruebas de Comunicación con el Celular.

Para comprobar si el celular efectivamente responde a los comandos AT, desde el Serial Port Monitor se envió todos los comandos que utilizamos en el programa del microcontrolador, de este modo verificamos que el celular soporta todos los comandos necesarios.

En la Figura 43 se puede visualizar la interacción entre el monitor serial y el Celular.



The screenshot shows the Serial Input/Output Monitor application window. The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Configuration, Control Lines, Macro Manager, Help) and a toolbar with buttons for ASCII, ASCII Send, HEX, HEX Send, Line Status, Clear Terminal, Ribbon, Classic, and Data Graph. The main terminal area displays the following text in green:

```
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CNMI=1,2,0,0,0
OK
AT+CMGS="083155865"
> Esta es una prueba de envio de mensaje
+CMGS: 34
OK
+CMT: "085155815", , "11/11/21, 16:46:37-20"
Lectura
```

Figura 43. Envío de comandos AT al celular

4.4. Pruebas de Funcionamiento del Prototipo

Luego de comprobar el funcionamiento del software se carga el mismo al microcontrolador para realizar pruebas de todo el sistema. Con esto se pretende comprobar si el sistema ejecuta los procesos para los cuales esta diseñado como son:

- Adquisición de datos del medidor
- Envío de mensajes con la lectura obtenida y estado del suministro de energía.
- Operaciones de corte o reconexión de energía

Se realizó la toma de lecturas durante 10 días para comprobar que coincidan con las registradas en el medidor.

En el siguiente cuadro se presentan las lecturas obtenidas en las fechas indicadas en las cuales se nota claramente que coincidieron con la lectura visualizada en el registrador ciclométrico del medidor.

Cuadro No. 3 Cuadro comparativo de lecturas

Fecha	Lectura Visual (kWh)	Lectura Remota (kWh)
12/11/2011	17	17.35
13/11/2011	18	18.75
14/11/2011	19	19.02
15/11/2011	19	19.88
16/11/2011	20	20.95
17/11/2011	21	21.14
18/11/2011	22	22,98
19/11/2011	23	23.54
20/11/2011	23	23.90
21/11/2011	24	24.45

Elaborado Por: El Autor

Como se puede observar en el cuadro, la toma de lecturas resulto ser completamente operativa ya que obtenemos datos reales sin redondeo.

En las siguientes figuras se muestra la petición de lectura y el envío de la misma la cual se compara con la lectura del registrador ciclométrico del medidor.

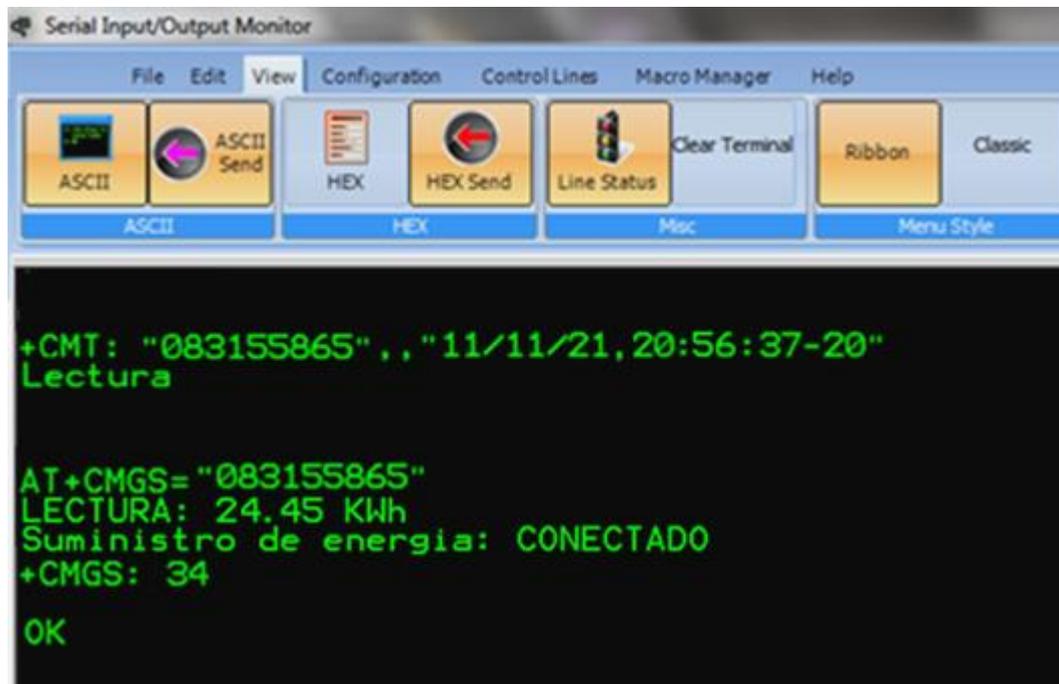


Figura 44.Recepción de la petición de lectura y envío de la misma

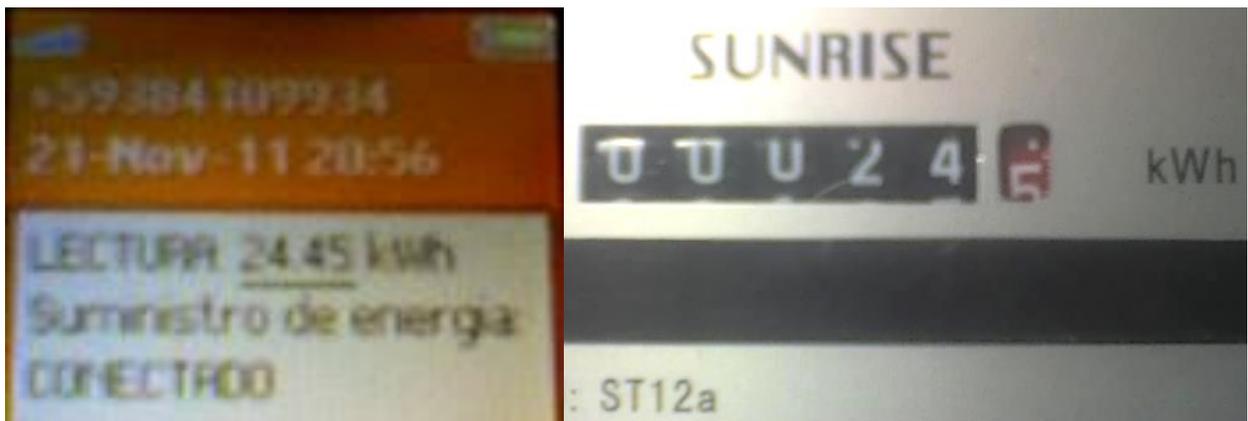


Figura 45.Lectura obtenida de forma remota y lectura visual en el medidor

CAPITULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Con este proyecto se logró diseñar, construir e implementar un sistema de adquisición y transmisión inalámbrica de lecturas de un registrador electrónico monofásico, capaz de automatizar el proceso de lectura del consumo de energía así como también las operaciones de corte y reconexión de energía.
- Al usar la red celular GSM para la transmisión de los datos, tenemos una ejecución de las órdenes de lectura, corte, y reconexión en un intervalo entre 4 a 7 segundos; por lo que se podría considerar que el servicio es en tiempo real.
- El prototipo incluye los siguientes beneficios: bajo costo de la lectura de medición, mediciones exactas y eliminación de estimaciones; en otras palabras, se cree que consumidores satisfechos son menos propensos a realizar robos de energía.
- Con este proyecto se saca provecho a la red GSM que las 3 operadoras vigentes en nuestro país usan para dar sus servicios de SMS y transmisión de datos. Además, su cobertura en la actualidad llega a los

rincones más alejados lo cual beneficia a nuestro proyecto.

5.2. Recomendaciones

- Implementar este proyecto, de modo que permita automatizar las operaciones de lectura, corte y reconexión de energía eléctrica con lo cual, se optimizará el proceso de facturación y se disminuirá el error en las lecturas, mejorando de esta forma la atención a los clientes.
- Aprovechar la cobertura GSM que ofrecen las operadoras en nuestro país, para crear este tipo de proyectos que beneficien a los distintos sectores de la población.
- Para el funcionamiento del prototipo, el chip del modem celular debe estar alimentado con saldo o con paquete de mensajes para que la lectura pueda ser enviada.
- Para implementar este proyecto en las empresas, se recomienda utilizar módulos GSM en sustitución del celular debido a la disponibilidad de celulares apropiados para este tipo de proyectos que no se encuentran fácilmente en el mercado.
- Se recomienda desarrollar un software que se encargue de recolectar las lecturas de los medidores desde una estación de control.

5.3. Bibliografía.

www.conelec.gov.ec.

www.alldatasheets.com

www.aquihayapuntes.com

<http://en.wikipedia.org/wiki/GSM>.

http://es.wikipedia.org/wiki/serviciode_mensajes_cortos

http://en.wikipedia.org/wiki/SIM_Card#Usage_in_mobile_phone_standards.

<http://en.wikipedia.org/wiki/rs232>.

http://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_meter_reading

http://en.wikipedia.org/wiki/Electricity_meter.

<http://www.gsmSpain.com>

http://www.cefisaproyectos.com/cefisa/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=39.

<http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>

<http://efektomagazine.com>

<http://www.informatica-hoy.com.ar>

<http://www.ctv.es/pckits/homee.html>

http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_Global_para_las_Co_municaciones_Moviles

<http://www.telefonos-moviles.com/>

<http://www.microchip.com>

<http://pinouts.ru>

<http://www.forosdeelectronica.com>

<http://nds1.nokia.com>

<http://www.gsmSpain.com>

<http://bluehack.elhacker.net/proyectos/comandosat/comandosat.html>

EDUARDO GARCIA BREIJO. Compilador C CCS y Simulador Proteus Para Microcontroladores PIC Primera Edición

ANDRES CÁNOVAS LOPEZ. Manual de Usuario del Compilador PCW de CCS Reeditado para formato PDF por Víctor Dorado

Custom Computer Services, Inc.C CompilerReference Manual

ANGULO, J.M^a; EUGENIO, M. y ANGULO, I. MicrocontroladoresPic: lasolución en un chip.

ANGULO, J.M^a.; y ANGULO, I. MicrocontroladoresPic: diseño yAplicaciones.

BOYLESTAD, L. Electrónica Teoría de Circuitos. 6a. ed.

REYES, C. Aprenda a programar Microcontroladores. Quito Ecuador: GráficasAyerve, 2004.

ANEXOS

Anexo 1

Set de Comandos AT Para Teléfonos Nokia

Call Control

ATA Answer Command
ATD Dial Command
ATH Hang Up Call
ATL Monitor Speaker Loudness
ATM Monitor Speaker Mode
ATO Go On-Line
ATP Set Pulse Dial as Default
ATT Set Tone Dial as Default
AT+CSTA Select Type of Address
AT+CRC Cellular Result Codes

Data Card Control Commands

ATI Identification
ATS Select an S-register
ATZ Recall Stored Profile
AT&F Restore Factory Settings
AT&V View Active Configuration
AT&W Store Parameters in Given Profile
AT&Y Select Set as s Powerup Option
AT+CLCK Facility Lock Command
AT+COLP Connected Line Identification Presentation
AT+GCAP Request Complete Capabilities List
AT+GMI Request Manufacturer Identification
AT+GMM Request Model Identification
AT+GMR Request Revision Identification
AT+GSN Request Product Serial Number Identification

Phone Control Commands

AT+CBC Battery Charge
AT+CGMI Request Manufacturer Identification
AT+CGMM Request Model Identification
AT+CGMR Request Revision Identification
AT+CGSN Request Product Serial Number Identification
AT+CMEE Report Mobile Equipment Error
AT+CPAS Phone Activity Status
AT+CPBF Find Phone Book Entries
AT+CPBR Read Phone Book Entry
AT+CPBS Select Phone Book Memory Storage
AT+CPBW Write Phone Book Entry
AT+CSCS Select TE Character Set
AT+CSQ Signal Quality

Computer Data Card Interface Commands

ATE Command Echo
ATQ Result Code Suppression
ATV Define Response Format
ATX Response Range Selection
AT&C Define DCD Usage
AT&D Define DTR Usage
AT&K Select Flow Control
AT&Q Define Communications Mode Option
AT&S Define DSR Option
AT+ICF DTE-DCE Character Framing
AT+IFC DTE-DCE Local Flow Control
AT+IPR Fixed DTE Rate

Service

AT+CLIP Calling Line Identification Presentation
AT+CR Service Reporting Control
AT+DR Data Compression Reporting

AT+ILRR DTE-DCE Local Rate Reporting

Network Communication Parameter Commands

ATB Communications Standard Option

AT+CBST Select Bearer Service Type

AT+CEER Extended Error Report

AT+CRLP Radio Link Protocol

AT+DS Data Compression

Miscellaneous Commands

A/ Re-Execute Command Line

AT? Command Help

AT*C Start SMS Interpreter

AT*T Enter SMS Block Mode Protocol

AT*V Activate V.25bis Mode

AT*NOKIATEST Test Command

AT+CESP Enter SMS Block Mode Protocol

SMS Commands SMS Text Mode

AT+CSMS Select Message Service

AT+CPMS Preferred Message Storage

AT+CMGF Message Format

AT+CSCA Service Centre Address

AT+CSMP Set Text Mode Parameters

AT+CSDH Show Text Mode Parameters

AT+CSCB Select Cell Broadcast Message Types

AT+CSAS Save Settings

AT+CRES Restore Settings

AT+CNMI New Message Indications to TE

AT+CMGL List Messages

AT+CMGR Read Message

AT+CMGS Send Message

AT+CMSS Send Message from Storage

AT+CMGW Write Message to Memory

AT+CMGD Delete Message

SMS PDU Mode

AT+CMGL List Messages

AT+CMGR Read Message

AT+CMGS Send Message

AT+CMGW Write Message to Memory

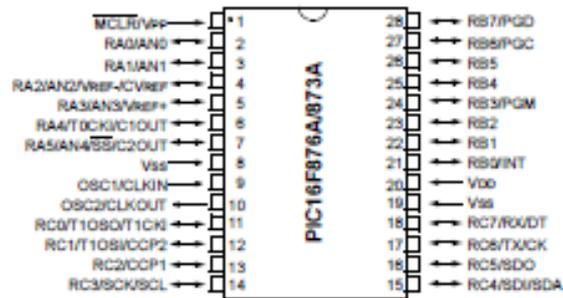
Anexo 2

Datasheet del Microcontrolador PIC16F876A

PIC16F87XA

Pin Diagrams

PDIP (28-pin), SOIC, SSOP



MLF

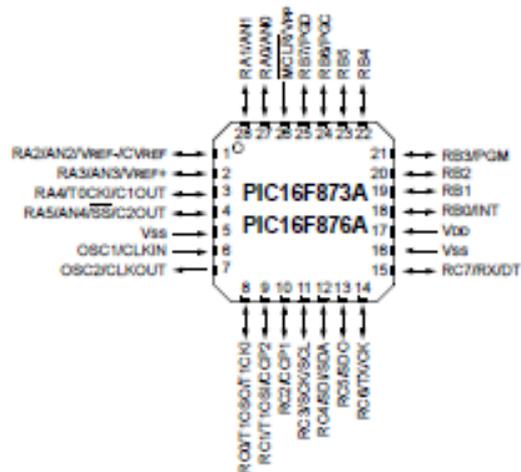


TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1 CLKI	9	I I	ST/CMOS ⁽³⁾	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode. Otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2 CLKO	10	O O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR VPP	1	I P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output) Master Clear (Reset) Input. This pin is an active low RESET to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0	2	I/O I	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Analog Input 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	I/O I	TTL	Digital I/O. Analog Input 1.
RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF	4	I/O I I O	TTL	Digital I/O. Analog Input 2. A/D reference voltage (Low) input. Comparator VREF output.
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	I/O I I	TTL	Digital I/O. Analog Input 3. A/D reference voltage (High) input .
RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT	6	I/O I O	ST	Digital I/O – Open drain when configured as output. Timer0 external clock input. Comparator 1 output.
RA5/SS/AN4/C2OUT RA5 SS AN4 C2OUT	7	I/O I I O	TTL	Digital I/O. SPI slave select input. Analog Input 4. Comparator 2 output.

Pin Name	Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	I/O I	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	I/O I/O	TTL	Digital I/O. Low voltage ICSP programming enable pin.
RB4	25	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-Circuit Debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	I/O I/O	TTL/ST ⁽²⁾	Digital I/O. In-Circuit Debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	I/O O I	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I ² C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I ² C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART 1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
Vss	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
Vdd	20	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

FIGURE 2-3: PIC16F876A/877A REGISTER FILE MAP

File Address	File Address	File Address	File Address
Indirect addr. ^(*) 00h	Indirect addr. ^(*) 80h	Indirect addr. ^(*) 100h	Indirect addr. ^(*) 180h
TMR0 01h	OPTION_REG 81h	TMR0 101h	OPTION_REG 181h
PCL 02h	PCL 82h	PCL 102h	PCL 182h
STATUS 03h	STATUS 83h	STATUS 103h	STATUS 183h
FSR 04h	FSR 84h	FSR 104h	FSR 184h
PORTA 05h	TRISA 85h		
PORTB 06h	TRISB 86h	PORTB 106h	TRISB 186h
PORTC 07h	TRISC 87h		
PORTD ⁽¹⁾ 08h	TRISD ⁽¹⁾ 88h		
PORTE ⁽¹⁾ 09h	TRISE ⁽¹⁾ 89h		
PCLATH 0Ah	PCLATH 8Ah	PCLATH 10Ah	PCLATH 18Ah
INTCON 0Bh	INTCON 8Bh	INTCON 10Bh	INTCON 18Bh
PIR1 0Ch	PIE1 8Ch	EEDATA 10Ch	EECON1 18Ch
PIR2 0Dh	PIE2 8Dh	EEADR 10Dh	EECON2 18Dh
TMR1L 0Eh	PCON 8Eh	EEDATH 10Eh	Reserved ⁽²⁾ 18Eh
TMR1H 0Fh		EEADRH 10Fh	Reserved ⁽²⁾ 18Fh
T1CON 10h			
TMR2 11h	SSPCON2 91h		
T2CON 12h	PR2 92h		
SSPBUF 13h	SSPADD 93h		
SSPCON 14h	SSPSTAT 94h		
CCPR1L 15h			
CCPR1H 16h			
CCP1CON 17h			
RCSTA 18h	TXSTA 98h	General Purpose Register 16 Bytes 117h-119h	General Purpose Register 16 Bytes 197h-199h
TXREG 19h	SPBRG 99h		
RCREG 1Ah			
CCPR2L 1Bh			
CCPR2H 1Ch	CMCON 9Ch		
CCP2CON 1Dh	CVRCON 9Dh		
ADRESH 1Eh	ADRESL 9Eh		
ADCON0 1Fh	ADCON1 9Fh		
General Purpose Register 96 Bytes 20h-7Fh	General Purpose Register 80 Bytes A0h-EFh	General Purpose Register 80 Bytes 120h-16Fh	General Purpose Register 80 Bytes 1A0h-1EFh
	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh
Bank 0 7Fh	Bank 1 FFh	Bank 2 17Fh	Bank 3 1FFh

■ Unimplemented data memory locations, read as '0'.

* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876A.

Note 2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

FIGURE 2-4: PIC16F873A/874A REGISTER FILE MAP

File Address		File Address		File Address		File Address	
Indirect addr. ^(*)	00h	Indirect addr. ^(*)	80h	Indirect addr. ^(*)	100h	Indirect addr. ^(*)	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD ⁽¹⁾	08h	TRISD ⁽¹⁾	88h		108h		188h
PORTE ⁽¹⁾	09h	TRISE ⁽¹⁾	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h				
T2CON	12h	PR2	92h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h				
CCPR1L	15h		95h				
CCPR1H	16h		96h				
CCP1CON	17h		97h				
RCSTA	18h	TXSTA	98h				
TXREG	19h	SPBRG	99h				
RCREG	1Ah		9Ah				
CCPR2L	1Bh		9Bh				
CCPR2H	1Ch	CMCON	9Ch				
CCP2CON	1Dh	CVRCON	9Dh				
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh				
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 96 Bytes		accesses 20h-7Fh		accesses A0h - FFh	
	7Fh		FFh		16Fh 170h		1EFh 1F0h
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	
					17Fh		1FFh

Unimplemented data memory locations, read as '0'.
^{*} Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F873A.
Note 2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

4.0 I/O PORTS

Some pins for these I/O ports are multiplexed with an alternate function for the peripheral features on the device. In general, when a peripheral is enabled, that pin may not be used as a general purpose I/O pin.

Additional information on I/O ports may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023).

4.1 PORTA and the TRISA Register

PORTA is a 6-bit wide, bi-directional port. The corresponding data direction register is TRISA. Setting a TRISA bit (= 1) will make the corresponding PORTA pin an input (i.e., put the corresponding output driver in a Hi-Impedance mode). Clearing a TRISA bit (= 0) will make the corresponding PORTA pin an output (i.e., put the contents of the output latch on the selected pin).

Reading the PORTA register reads the status of the pins, whereas writing to it will write to the port latch. All write operations are read-modify-write operations. Therefore, a write to a port implies that the port pins are read, the value is modified and then written to the port data latch.

Pin RA4 is multiplexed with the Timer0 module clock input to become the RA4/T0CKI pin. The RA4/T0CKI pin is a Schmitt Trigger input and an open drain output. All other PORTA pins have TTL input levels and full CMOS output drivers.

Other PORTA pins are multiplexed with analog inputs and the analog V_{REF} input for both the A/D converters and the comparators. The operation of each pin is selected by clearing/setting the appropriate control bits in the ADCON1 and/or CMCON registers.

Note: On a Power-on Reset, these pins are configured as analog inputs and read as '0'. The comparators are in the Off (digital) state.

The TRISA register controls the direction of the port pins, even when they are being used as analog inputs. The user must ensure the bits in the TRISA register are maintained set when using them as analog inputs.

EXAMPLE 4-1: INITIALIZING PORTA

```
BCF STATUS, RP0 ;
BCF STATUS, RP1 ; Bank0
CLRPF PORTA ; Initialize PORTA by
; clearing output
; data latches

BSF STATUS, RP0 ; Select Bank 1
MOVLW 0x06 ; Configure all pins
MOVWF ADCON1 ; as digital inputs
MOVLW 0xCF ; Value used to
; initialize data
; direction
MOVWF TRISA ; Set RA<3:0> as inputs
; RA<5:4> as outputs
; TRISA<7:6> are always
; read as '0'.
```

FIGURE 4-1: BLOCK DIAGRAM OF RA3:RA0 PINS

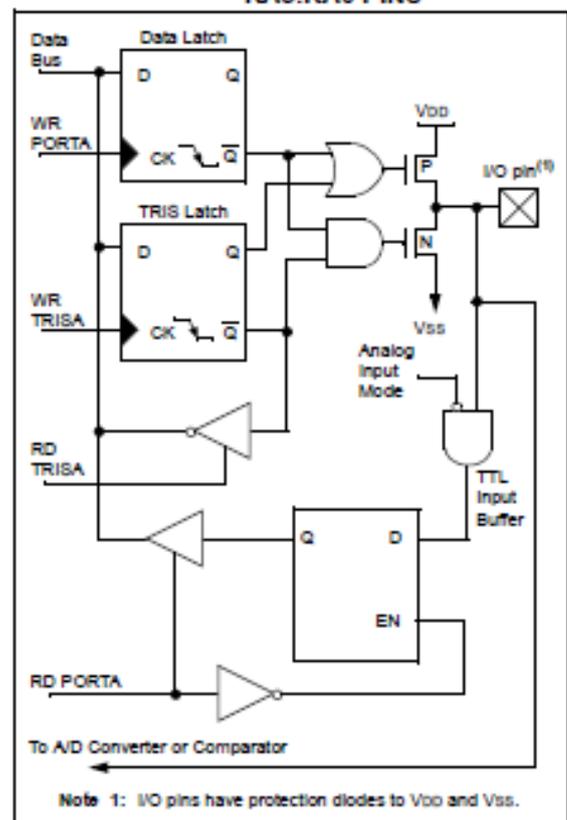


TABLE 4-1: PORTA FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RA0/AN0	bit0	TTL	Input/output or analog input.
RA1/AN1	bit1	TTL	Input/output or analog input.
RA2/AN2/VREF-/CVREF	bit2	TTL	Input/output or analog input or VREF- or CVREF.
RA3/AN3/VREF+	bit3	TTL	Input/output or analog input or VREF+.
RA4/T0CKI/C1OUT	bit4	ST	Input/output or external clock input for Timer0 or comparator output. Output is open drain type.
RA5/ $\overline{\text{SS}}$ /AN4/C2OUT	bit5	TTL	Input/output or slave select input for synchronous serial port or analog input or comparator output.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

TABLE 4-2: SUMMARY OF REGISTERS ASSOCIATED WITH PORTA

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Value on all other RESETS
05h	PORTA	—	—	RA5	RA4	RA3	RA2	RA1	RA0	--0x 0000	--0u 0000
85h	TRISA	—	—	PORTA Data Direction Register						--11 1111	--11 1111
9Ch	CMCON	C2OUT	C1OUT	C2INV	C1INV	CIS	CM2	CM1	CM0	0000 0111	0000 0111
9Dh	CVRCON	CVREN	CVROE	CVRR	—	CVR3	CVR2	CVR1	CVR0	000- 0000	000- 0000
9Fh	ADCON1	ADFM	ADCS2	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0	--0- 0000	--0- 0000

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented locations read as '0'. Shaded cells are not used by PORTA.

Note: When using the SSP module in SPI Slave mode and $\overline{\text{SS}}$ enabled, the A/D converter must be set to one of the following modes, where PCFG3:PCFG0 = 0100, 0101, 011x, 1101, 1110, 1111.

TABLE 10-3: BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 0)

BAUD RATE (K)	Fosc = 20 MHz			Fosc = 16 MHz			Fosc = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	1.221	1.75	255	1.202	0.17	207	1.202	0.17	129
2.4	2.404	0.17	129	2.404	0.17	103	2.404	0.17	64
9.6	9.766	1.73	31	9.615	0.16	25	9.766	1.73	15
19.2	19.531	1.72	15	19.231	0.16	12	19.531	1.72	7
28.8	31.250	8.51	9	27.778	3.55	8	31.250	8.51	4
33.6	34.722	3.34	8	35.714	6.29	6	31.250	6.99	4
57.6	62.500	8.51	4	62.500	8.51	3	52.083	9.58	2
HIGH	1.221	-	255	0.977	-	255	0.610	-	255
LOW	312.500	-	0	250.000	-	0	156.250	-	0

BAUD RATE (K)	Fosc = 4 MHz			Fosc = 3.8884 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	0.300	0	207	0.3	0	191
1.2	1.202	0.17	51	1.2	0	47
2.4	2.404	0.17	25	2.4	0	23
9.6	8.929	6.99	6	9.6	0	5
19.2	20.833	8.51	2	19.2	0	2
28.8	31.250	8.51	1	28.8	0	1
33.6	-	-	-	-	-	-
57.6	62.500	8.51	0	57.6	0	0
HIGH	0.244	-	255	0.225	-	255
LOW	62.500	-	0	57.6	-	0

TABLE 10-4: BAUD RATES FOR ASYNCHRONOUS MODE (BRGH = 1)

BAUD RATE (K)	Fosc = 20 MHz			Fosc = 16 MHz			Fosc = 10 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.4	-	-	-	-	-	-	2.441	1.71	255
9.6	9.615	0.16	129	9.615	0.16	103	9.615	0.16	64
19.2	19.231	0.16	64	19.231	0.16	51	19.531	1.72	31
28.8	29.070	0.94	42	29.412	2.13	33	28.409	1.36	21
33.6	33.784	0.55	36	33.333	0.79	29	32.895	2.10	18
57.6	59.524	3.34	20	58.824	2.13	16	56.818	1.36	10
HIGH	4.883	-	255	3.906	-	255	2.441	-	255
LOW	1250.000	-	0	1000.000	-	0	625.000	-	0

BAUD RATE (K)	Fosc = 4 MHz			Fosc = 3.8884 MHz		
	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)	KBAUD	% ERROR	SPBRG value (decimal)
0.3	-	-	-	-	-	-
1.2	1.202	0.17	207	1.2	0	191
2.4	2.404	0.17	103	2.4	0	95
9.6	9.615	0.16	25	9.6	0	23
19.2	19.231	0.16	12	19.2	0	11
28.8	27.798	3.55	8	28.8	0	7
33.6	35.714	6.29	6	32.9	2.04	6
57.6	62.500	8.51	3	57.6	0	3
HIGH	0.977	-	255	0.9	-	255
LOW	250.000	-	0	230.4	-	0

14.11 Interrupts

The PIC16F87XA family has up to 15 sources of interrupt. The interrupt control register (INTCON) records individual interrupt requests in flag bits. It also has individual and global interrupt enable bits.

Note: Individual interrupt flag bits are set, regardless of the status of their corresponding mask bit, or the GIE bit.

A global interrupt enable bit, GIE (INTCON<7>) enables (if set) all unmasked interrupts, or disables (if cleared) all interrupts. When bit GIE is enabled, and an interrupt's flag bit and mask bit are set, the interrupt will vector immediately. Individual interrupts can be disabled through their corresponding enable bits in various registers. Individual interrupt bits are set, regardless of the status of the GIE bit. The GIE bit is cleared on RESET.

The "return from interrupt" instruction, RETFIE, exits the interrupt routine, as well as sets the GIE bit, which re-enables interrupts.

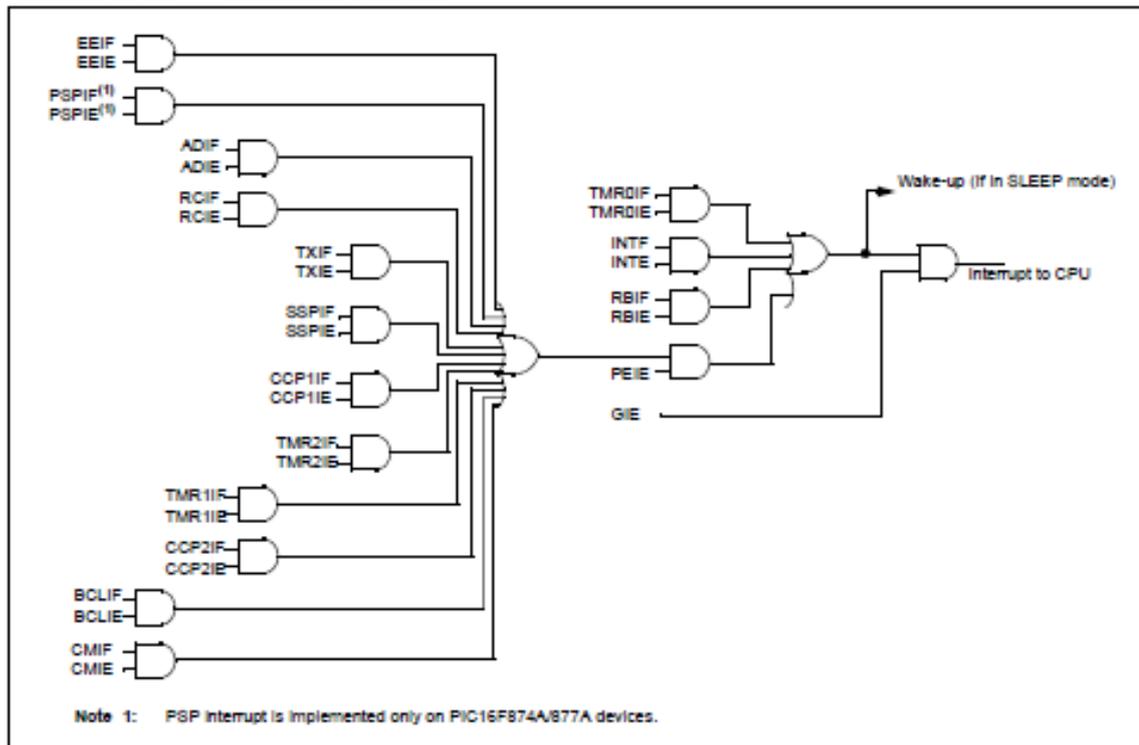
The RB0/INT pin interrupt, the RB port change interrupt, and the TMR0 overflow interrupt flags are contained in the INTCON register.

The peripheral interrupt flags are contained in the special function registers, PIR1 and PIR2. The corresponding interrupt enable bits are contained in special function registers, PIE1 and PIE2, and the peripheral interrupt enable bit is contained in special function register INTCON.

When an interrupt is responded to, the GIE bit is cleared to disable any further interrupt, the return address is pushed onto the stack and the PC is loaded with 0004h. Once in the Interrupt Service Routine, the source(s) of the interrupt can be determined by polling the interrupt flag bits. The interrupt flag bit(s) must be cleared in software before re-enabling interrupts to avoid recursive interrupts.

For external interrupt events, such as the INT pin or PORTB change interrupt, the interrupt latency will be three or four instruction cycles. The exact latency depends when the interrupt event occurs. The latency is the same for one or two-cycle instructions. Individual interrupt flag bits are set, regardless of the status of their corresponding mask bit, PEIE bit, or GIE bit.

FIGURE 14-10: INTERRUPT LOGIC



Anexo 3

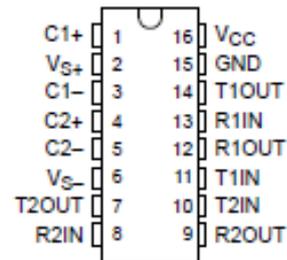
Datasheet del Integrado MAX-232

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047I – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply EIA-232 voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts EIA-232 inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V and a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into EIA-232 levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
		Tape and reel	MAX232DR	MAX232
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	MAX232
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232	
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
		Tape and reel	MAX232IDR	MAX232I
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	MAX232I
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
Tape and reel	MAX232IDWR	MAX232I		

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.

MAX232, MAX232I

DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLL80471 - FEBRUARY 1989 - REVISED OCTOBER 2002

Function Tables

EACH DRIVER

INPUT TIN	OUTPUT TOUT
L	H
H	L

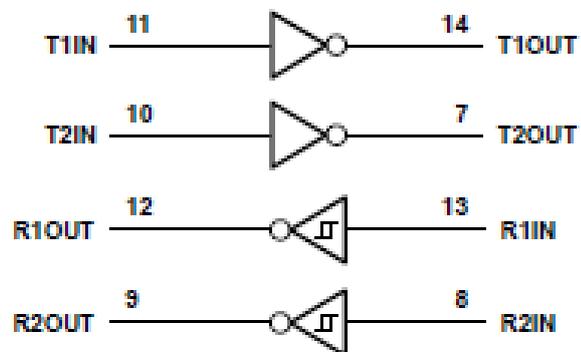
H = high level, L = low level

EACH RECEIVER

INPUT RIN	OUTPUT ROUT
L	H
H	L

H = high level, L = low level

logic diagram (positive logic)



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)†

Input supply voltage range, V_{CC} (see Note 1)	-0.3 V to 6 V
Positive output supply voltage range, V_{S+}	$V_{CC} - 0.3$ V to 15 V
Negative output supply voltage range, V_{S-}	-0.3 V to -15 V
Input voltage range, V_I : Driver	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Receiver	± 30 V
Output voltage range, V_O : T1OUT, T2OUT	$V_{S-} - 0.3$ V to $V_{S+} + 0.3$ V
R1OUT, R2OUT	-0.3 V to $V_{CC} + 0.3$ V
Short-circuit duration: T1OUT, T2OUT	Unlimited
Package thermal impedance, θ_{JA} (see Note 2): D package	73°C/W
DW package	57°C/W
N package	67°C/W
NS package	64°C/W
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C
Storage temperature range, T_{stg}	-65°C to 150°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

NOTE 1: All voltage values are with respect to network ground terminal.

2. The package thermal impedance is calculated in accordance with JEDEC 51-7.

recommended operating conditions

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V_{CC}	Supply voltage	4.5	5	5.5	V
V_{IH}	High-level input voltage (T1IN, T2IN)	2			V
V_{IL}	Low-level input voltage (T1IN, T2IN)			0.8	V
R1IN, R2IN	Receiver input voltage			± 30	V
T_A	Operating free-air temperature	MAX232	0	70	°C
		MAX232I	-40	85	

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature (unless otherwise noted) (see Note 3 and Figure 4)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP†	MAX	UNIT
I_{CC}	Supply current		8	10	mA

† All typical values are at $V_{CC} = 5$ V and $T_A = 25^\circ\text{C}$.

NOTE 3: Test conditions are C1-C4 = 1 μF at $V_{CC} = 5$ V ± 0.5 V.

DRIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP [†]	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND	5	7		V
V _{OL}	Low-level output voltage [‡]	T1OUT, T2OUT	R _L = 3 kΩ to GND		-7	-5	V
r _o	Output resistance	T1OUT, T2OUT	V _{S+} = V _{S-} = 0, V _O = ±2 V	300			Ω
I _{OS} [§]	Short-circuit output current	T1OUT, T2OUT	V _{CC} = 5.5 V, V _O = 0		±10		mA
I _{IS}	Short-circuit input current	T1IN, T2IN	V _I = 0			200	μA

[†] All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

[‡] The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

[§] Not more than one output should be shorted at a time.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
SR	Driver slew rate	R _L = 3 kΩ to 7 kΩ, See Figure 2			30	V/μs
SR(t)	Driver transition region slew rate	See Figure 3		3		V/μs
	Data rate	One TOUT switching		120		kbit/s

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

RECEIVER SECTION

electrical characteristics over recommended ranges of supply voltage and operating free-air temperature range (see Note 3)

PARAMETER		TEST CONDITIONS		MIN	TYP [†]	MAX	UNIT
V _{OH}	High-level output voltage	R1OUT, R2OUT	I _{OH} = -1 mA	3.5			V
V _{OL}	Low-level output voltage [‡]	R1OUT, R2OUT	I _{OL} = 3.2 mA			0.4	V
V _{IT+}	Receiver positive-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C		1.7	2.4	V
V _{IT-}	Receiver negative-going input threshold voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V, T _A = 25°C	0.8	1.2		V
V _{hys}	Input hysteresis voltage	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5 V	0.2	0.5	1	V
r _i	Receiver input resistance	R1IN, R2IN	V _{CC} = 5, T _A = 25°C	3	5	7	kΩ

[†] All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

[‡] The algebraic convention, in which the least positive (most negative) value is designated minimum, is used in this data sheet for logic voltage levels only.

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

switching characteristics, V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C (see Note 3 and Figure 1)

PARAMETER		TYP	UNIT
t _{PLH(R)}	Receiver propagation delay time, low- to high-level output	500	ns
t _{PHL(R)}	Receiver propagation delay time, high- to low-level output	500	ns

NOTE 3: Test conditions are C1–C4 = 1 μF at V_{CC} = 5 V ± 0.5 V.

Anexo 4

Código Fuente Para el PIC 16F876A

```
//*****
//DEFINICIÓN DE DIRECTIVAS DE PREPROCESADOR
#include<16F876A.h>//selección del chip
#use delay(clock=20M)
#use rs232(uart,baud=9600,enable=PIN_C6)
#use fixed_io(b_outputs = pin_B5,pin_B6,pin_B7)
#use fast_io(B)
#FUSES NOWDT,HS,NOPUT,PROTECT,NODEBUG,NOBROWNOUT,NOLVP
//*****
//
//*****
//***** DECLARACIÓN DE VARIABLES GLOBALES *****
Static charbuffer[20];//Buffer de recepción
static charnum_sms[10];
static charokring[3];
static charlect_str[10];
static char estado[4],
char lectura[]="LECTURA"; //Strings de comparación
char cortar[]="CORTAR";
char conectar[]="CONECTAR";
inti,j,Sms=0,OkR=0,est,wrt=0,senal=0;
float consumo=0,operac,consumo_real,impulsos=0;

//*****LOCACIONES DE MEMORIA EEPROM*****
#define ROM_LLECT_STR 240
#define ROM_LLECT_STR_SIZE 9
#define ROM_ESTADO 252
#define ROM_ESTADO_SIZE 3

//***** DECLARACION DE FUNCIONES *****
```

```

voidModem_on(void);
voidcomparar(void);
voidconf_est(void);
voidprog_estado(void);
voidenviar_lect(void);
voidleer_eeprom_16bits(int address);
void escribir_eeprom_16bits(intaddress, long*val);
voidleer_eeprom_string(char
*array, intaddress, intmax_size);
voiddescribir_eeprom_string(char
*array, intaddress, intmax_size);

//***** INTERRUPTIONES *****
#int_RDA
voidrda_isr(void){//Rutina de int. serial
char c=0;
i=0, j=0;

if(kbhit()){
ini:
c = getc();
while(c!=0x0A){
c = getc();
}
if(c=='T'){//Recibo +CMT indicación del sms
while(c!=''){//Filtro numero de celular que envió el sms
c = getc();
}
while(c!=''){
num_sms[i++]=c;
c = getc();
}
}
}

```

```

gotomsg;
if(c=='>'){//Indicación para excritura del sms
wrt=1;
    c=getc();
goto fin;
}
gotoini;
msg:
c=getc();// 0x0D
while(c!=0x0D){//Almaceno lo que llega en el mensaje
buffer[j++] = c;
    c = getc();
}
Sms=1;
    }
fin: break;
    }

/** INTERRUPCION EXTERNA POR INGRESO DE PULSOS DEL MEDIDOR **
#int_EXT
void EXT_ISR() {
senal=1;
    }

//***** PROGRAMA PRINCIPAL *****
voidmain() {
set_tris_b(0x01);//Pine RB0 como entrada de interrupción
ext_int_edge(L_TO_H);//Interrupción ext. por flanco desubida
enable_interrupts(INT_EXT);//Habilita la interrupción ext.
enable_interrupts(INT_RDA);//Habilita la interrupción serial
enable_interrupts(GLOBAL);//Habilita las interrupciones
Modem_on();//Arranca el modem y lo configura
leer_eeprom_string(estado,ROM_ESTADO,ROM_ESTADO_SIZE);

```

```

leer_eeprom_string(lect_str,ROM_LECT_STR,ROM_LECT_STR_S
IZE); //Leemos estado del suministro(cortado o conectado)
if(estado[2]=='R' || estado[2]=='r') {
output_high(pin_B6); //Indicador de estado
output_low(pin_B5); //Señal para el opto acoplador
}
if(estado[2]=='N' || estado[2]=='n') {
output_low(pin_B6);
output_high(pin_B5);
}
impulsos = leer_eeprom_16bits(0); //Obtengo el numero de
impulsos almacenados hasta el momento

for(;;) { //Lazo repetitivo indefinidamente

if(senal==1) { //Llegó un pulso del medidor?
senal=0;
impulsos=impulsos+1;
    escribir_eeprom_16bits(0,impulsos); //Guardo numero
output_high(pin_B7); //Indicador de pulsos
delay_ms(200);
output_low(pin_B7);
}

if(impulsos==1600) { //Se completó 1 kWh ?
impulsos=0;
    escribir_eeprom_16bits(0,impulsos);
consumo=consumo+1; //Aumentar 1 kWh al consumo
}

if(Sms==1) { //Llegó un SMS?
Sms=0;
comparar(); //Comparo el SMS que llegó

```

```

}
    }
}
//***** DESARROLLO DE FUNCIONES *****
voidModem_on() {
printf("ATE0\r\n");//Desactivo eco de caracteres
delay_ms(400);
printf("AT+CMGF=1\r\n");//Modo Texto
delay_ms(400);
printf("AT+CNMI=1,2,0,0,0\r\n");//Recepción automática
if(okring[0]=='O'){ //Respondió el cel OK?
output_high(pin_B7); //Indicar modem encendido
delay_ms(2000);
output_low(pin_B7);
}
}
//*****FUNCION DE COMPARACION*****
voidcomparar() {

if(!strcmp(buffer,lectura)){//Petición de Lectura ?
enviar_lect();//Enviar lectura via SMS
}

if(!strcmp(buffer,cortar)){ //Petición de corte ?
est=1;
output_high(PIN_B6); //Indicador de estado encendido
output_low(PIN_B5); //Cortar fluido de energía
prog_estado();//Programar estado
conf_est();//Confirmar estado via SMS
}

if(!strcmp(buffer,conectar)){//Petición de conexión?

```

```

est=2;
output_low(PIN_B6); //Indicador de estado apagado
output_high(PIN_B5); //Conectar fluido de energía
prog_estado(); //Programar estado
conf_est(); //Confirmar estado via SMS
    }
//***** PROGRAMAR ESTADO DE SUMINISTRO*****
void prog_estado() {
for(i=0; i<3; i++){
estado[i]=buffer[i];}
escribir_eeprom_string(estado, ROM_ESTADO, ROM_ESTADO_SIZE);
}
//***** GESTION DE LA EEPROM DEL PIC *****
void escribir_eeprom_16bits(int address, long*val) {
int pLow, pHigh;
pLow = val;
pHigh = val>>8;
write_eeprom(address, pHigh);
delay_ms(12);
    ++address;
write_eeprom(address, pLow);
delay_ms(12);
    }

void leer_eeprom_16bits(int address) {
int pLow, pHigh;
long result;
pHigh = read_eeprom(address);
    ++address;
pLow = read_eeprom(address);
result=(pHigh<<8);
result+=pLow;
}

```

```
return result;
}
```

```
void describir_eeprom_string(char
*array, int address, int max_size) {
int i=0;
while(i<max_size) {
write_eeprom(address+i, *array);
if(*array==0) {
i=max_size;
}
array++;
i++;
}
}
```

```
void leer_eeprom_string(char
*array, int address, int max_size) {
int i=0;
*array=0;
while(i<max_size) {
*array = read_eeprom(address+i);
if(*array==0) {
i=max_size;
} else {
array++;
*array=0;
}
i++;
}
}
```

```

//***** ENVIO DE SMS CON LECTURA OBTENIDA*****
Void enviar_lect(){
  leer_eeprom_string(estado,ROM_ESTADO,ROM_ESTADO_SIZE);
  operac=(impulsos/1600); //Consumo real sin redondeos
  consumo_real=consumo+operac;
  printf("AT+CMGS=\"0%s\"\\r\\n",num_sms);
  delay_ms(400);
  if(wrt==1){
    wrt=0;
    if(estado[2]=='N' || estado[2]=='n'){
      printf("CONSUMO:  %f  KWh\\r\\nSuministro  de  energia:
      CONECTADO\\r\\n%c",consumo_real,26);
      delay_ms(6000);
    }
    if(estado[2]=='R' || estado[2]=='r'){
      printf("CONSUMO:  %f  kWh\\r\\nSuministro  de  energia:
      CORTADO\\r\\n%c",consumo_real,26);
      delay_ms(6000);}
    }
  }
//***** ENVIO DE SMS CON ESTADO DE SUMINISTRO*****
Void conf_est(){
  printf("AT+CMGS=\"0%s\"\\r\\n",num_sms);
  delay_ms(400);
  if(est==1&&wrt==1){
    est=0;
    wrt=0;
    printf("Suministro de energia: CORTADO\\r\\n%c",26);
    delay_ms(6000);
  }
  if(est==2&&wrt==1){
    est=0;

```

```
wrt=0;
printf("Suministro de energia: CONECTADO\r\n%c",26);
delay_ms(6000);
}
}
```