UNIVERSIDAD DON BOSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA

"SISTEMA INALAMBRICO PARA LA LECTURA AUTOMATIZADA DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD UTILIZANDO TECNOLOGIA GSM"

TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA
OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA

PRESENTADO POR:
FRANCIS ARNOLDO RODRIGUEZ RUIZ
KARLA MAGALY RIVAS VÁSQUEZ

ASESOR:
ING. JUAN CARLOS CASTRO CHAVEZ

SOYAPANGO, EL SALVADOR, CENTROAMERICA
SEPTIEMBRE 2006

UNIVERSIDAD DON BOSCO

RECTOR

ING. FEDERICO MIGUEL HUGUET RIVERA

VICERRECTOR

PBRO. VICTOR BERMÚDEZ YANEZ, SDB

SECRETARIO GENERAL

LIC. MARIO RAFAEL OLMOS ARGUETA

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. ERNESTO GODOFREDO GIRÓN

DIRECTOR DE ESCUELA DE ELECTRÓNICA

ING. OSCAR GIOVANNI DURÁN VIZCARRA

ASESOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. JUAN CARLOS CASTRO CHAVEZ

JURADO EVALUADOR

ING. JUAN CARLOS CRUZ DADA

ING. OSCAR WENCESLAO RIVAS

ING. ANGEL ERNESTO SORIANO

TUTOR DEL TRABAJO DE GRADUACION

NESTOR ROMAN LOZANO

UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE ELECTRÓNICA

JURADO EVALUADOR DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Juan Carlos Cruz Dada
JURADO

Ing. Angel Ernesto Soriano
JURADO

Ing. Oscar Wenceslao Rivas
JURADO

Ing. Juan Carlos Castro
ASESOR

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a DIOS todo poderoso por ayudarme en este logro tan grande en mi vida y por hacer cumplir cada una de mis metas.

También agradezco a mis padres Lucio Arnoldo Rodríguez y Arely Ruiz de Rodríguez

Por apoyarme en todo momento y hacer lograr una de mis metas y porque siempre estuvieron conmigo en las buenas y en las malas.

Agradezco a mis hermanas de las que recibí siempre apoyo en momentos difíciles y por estar siempre ahí para escucharme.

Finalmente agradezco a mis amigos por brindarme su amistad sincera y acompañarme en mis buenos y malos momentos a lo largo de mi carrera y especialmente a uno de mis mejores amigos que desde el cielo estuvo intercediendo ante DIOS por mi.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios y a la Virgen María por haberme dado la oportunidad de finalizar mi trabajo de graduación con éxito y por permitirme que cumpliera una de mis metas.

Le doy gracias a mi mamá, mi papá y mi hermana por haberme apoyado en todo momento, y por soportarme durante todo este tiempo.

Por último quiero agradecer a todos los que colaboraron de manera significativa en el desarrollo de este proyecto, en especial a Ricardo Rivas y a Brisa Terezón.

INDICE

PAGINA

INTRODUCCION…..……. 1
1. SISTEMA AUTOMÁTICO DE LECTURA DE MEDIDORES…….. 2
1.1 HISTORIA……. 2
2. EL MEDIDOR DE ELECTRICIDAD……. 3
2.1 PARTES DEL MEDIDOR DE ELECTRICIDAD…….. 4
2.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN…….. 4
2.1.2 SENSOR DE ENERGIA……... 5
2.1.2.1 CIRCUITO DE ENTRADA PARA CANAL DE VOLTAJE Y CANAL DE CORRIENTE…… 5
2.1.2.2 EL CIRCUITO INTEGRADO CS5460A……. 6
2.1.2.2.1 MEDICION DE ENERGIA……... 7
2.1.2.2.2 PINES EOUT Y EDIR……... 8
2.1.2.2.3 SELECCIÓN DEL CRISTAL…… 10
2.1.2.2.4 VOLTAJE EN LOS CANALES ANALOGOS Y VOLTAJE DE REFERENCIA…… 10
2.1.2.2.5 INTERFAZ SERIAL…….. 11
2.1.2.2.6 CALIBRACION……. 11
2.1.3 TEMPORIZADOR……. 12
2.1.3.1 FUNCIONAMIENTO……... 12
2.1.4 DISPLAY……... 14
2.1.4.1 FUNCIONAMIENTO……... 15
2.1.5 MICROCONTROLADOR…… 17
2.1.5.1 DISTRIBUCION DE LOS PUERTOS…… 19
2.1.5.2 ALIMENTACION…… 19
2.1.5.3 SEÑAL DE RELOJ……... 19
2.2 FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR……... 20
2.2.1 LECTURA DE ENERGIA…… 20
2.2.2 LECTURA DE LOS BOTONES……... 20
2.2.3 LECTURA DEL CONSUMO MENSUAL……... 23
3. UNIDAD DE INTERFACE DEL MEDIDOR……. 23
3.1 MODEM…… 23
3.1.1 COMANDOS AT……. 26
3.2 COMUNICACIÓN MEDIDOR – MODEM……. 27
3.2.1 LA INTERFAZ RS-232…… 27
3.2.1.1 SEÑALES……. 28
3.2.1.2 CONTROL DE FLUJO……. 29
3.2.1.3 ASIGNACION DE PINES…… 30
3.2.2 MAX232……. 33
3.2.2.1 FUNCIONAMIENTO……... 33

3.2.3 CONEXIÓN MICROCONTROLADOR – MAX232…… 34
3.2.4 ENVIO DE CONSUMO MENSUAL…… 35
4. CANAL DE COMUNICACIÓN…… 36
4.1 HISTORIA…… 36
4.1.1 FASES DE GSM……..…… 38
4.1.1.1 FASE 1……..……... 39
4.1.1.2 FASE 2…….. 39
4.1.1.3 FASE 2+…… 40
4.2 COMPONENTES DE RED GSM…… 40
4.2.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA……. 41
4.2.2 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)…… 43
5. RECEPCION DE LA LECTURA…….. 46
6. SITUACION ACTUAL DE DE LOS SISTEMAS DE LECTURA REMOTA (AMR)……... 47
6.1 TECNOLOGIAS DE COMUNICACIÓN PARA SISTEMAS AMR…….. 48
6.2 MODELOS DE MEDIDORES DE ELECTRICIDAD EN EL MERCADO……... 53
6.2.1 PRECIOS…… 56
7. METODO DE LECTURA DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SALVADOR……..……...…… 57
CONCLUSIONES……... 60
DEBILIDADES DEL SISTEMA (MEDIDOR –MODEM)…… 62
RECOMENDACIONES…….. 63
BIBLIOGRAFIA……. 64
APENDICE A…….. 67
APENDICE B…….. 77
APENDICE C…….. 81
APENDICE D…….. 160
APENDICE E…….. 168
APENDICE F……... 173

INTRODUCCION

En la actualidad en El Salvador el procedimiento que siguen las empresas que proveen el servicio de energía eléctrica para recolectar la información del consumo de cada uno de sus usuarios consiste en que una persona se encarga de ir casa por casa copiando las mediciones marcadas por los contadores.

Los sistemas de medición automática se encargan de realizar las lecturas sin necesidad de que una persona vaya casa por casa, es decir, que llegada la fecha de corte el sistema se encarga por el mismo de recolectar la información. Estos sistemas poseen como ventajas la reducción del tiempo de recolección de los datos y minimizan los errores en la lectura de estos.

El sistema propuesto se divide en dos partes, una consiste en el medidor y el modem que se encargan de realizar la medición del consumo del usuario y de transmitir la información. La segunda parte consiste en un modem que se encarga de recibir la información. La comunicación entre el medidor y el modem se realiza por medio del puerto serial. El medidor tiene programada una fecha en la cual envía el dato acumulado por el cliente hasta ese momento por edio de un mensaje de texto hacia otro modem que se encarga de recibirlo.
El modem que se encuentra en espera se conecta por medio del puerto serie a una computadora. Cuando este recibe el mensaje lo transmite hacia la computadora para que esta se encargue de procesarlo y de almacenar la información en una base de datos.

A continuación se explica de forma más detallada el funcionamiento de cada una de las partes que conforman el sistema.

Por último se expone un poco acerca de la situación en el mercado, con el fin de generar una idea acerca de cómo este tipo de tecnología ha cobrado fuerza en los últimos años, la variedad de opciones que ofrecen diferentes empresas que se encargan de producir y distribuir este tipo de equipos y el posible costo que el usuario tendría que pagar por una de estas unidades.

1. SISTEMA AUTOMÁTICO DE LECTURA DE MEDIDORES

Un sistema de lectura automatizada de medidores o sistema AMR (por sus siglas en inglés de Automtic Meter Reading) es aquel que se encarga de recolectar automáticamente datos desde un medidor (el cual puede ser de agua gas o electricidad) y de transferirlos una base de datos central, para ser analizados o para extender facturación.

Las ventajas de un sistema de este tipo son:

- Reduce los costos de recolección de datos
- Mejora la exactitud en la lectura del medidor.
- Mejora la rápidez en los procesos de facturación.

Los componentes de un sistema AMR son:

- Medidor
- Unidad de interface del medidor
- Canal de comunicación
- Y, un sistema de procesamiento central que maneje los datos

El dato del medidor es pasado hacia la unidad de interfase la cual puede ser externa al medidor o puede estar integrada. La unidad de interfase se encarga de enviar el dato adquirido por medio del canal de comunicación. Típicamente se utiliza como de medios de comunicación la línea telefónica, lineas de suminstro electrico (o PLC- Power Line Carrier), radio frecueencia (RF), infrarojo y red celular.

El equipo de procesamiento central incluye modems, receptores, concentradores de datos y una computadora que será la que se encargue de procesar toda la información.

1.1 HISTORIA

Los sistemas de lectura automatizados iniciaron en la decada de los 60 cuando AT&T comenzó a desarrollar pruebas en conjunto con Westinghouse. Después de haber obtenido

buenos resultados en dichos experimentos, AT&T empezó a ofrecer un sistema de lectura de medidores autómatica haciendo uso de la linea telefónica. El servicio tendría un costo de $2 por medición. Para esa época ese costo era 4 vecas más caro ya que con el sistema tradicional (una persona iba casa por casa realizando las lecturas) solo gastaban 50 centavos de dólar por medición.

La era moderna de los sistemas AMR inició en 1985, cuando se empezaron varios proyectos de gran magnitud. Los primeros en implementar estos sistemas a gran escala fueron Hackensack Water Co. y Equitable Gas Co. que implementaron sistemas de lectura automatizada para agua y gas respectivamente. En 1986 Minnegasco implementó su propio sistema AMR utilizando radio frecuencia con 450,000 usuarios. En 1987 la compañía Philadelphia Electric Co., tenía problemas con medidores que se encontraban en zonas de difícil acceso por lo que instalo unidades AMR para resolver este problema.

En 1999 PECO Energy una compañía distribuidora de electricidad y gas natural en Pennsylvania contrato a las empresas Schlumbeger y CellNet Data para instalar un sistema AMR que serviría a 2 millones de clientes. Para el 2001 CellNet completo la instalación de 1 millon de medidores de gas y electricidad.

Colorado Spring Utilities una compañía que se encarga de distribuir gas, agua y electricidad está desarrollando un programa de implementación de sistemas AMR, y está proyectado a ejecutarse entre los años 2005 y 2010.

2. EL MEDIDOR DE ELECTRICIDAD

El medidor de electricidad o comúnmente llamado contador de electricidad es un dispositivo que se utiliza para controlar la cantidad de energía que consume un usuario, tradicionalmente se utiliza como unidad el Kilowatt hora.

Los contadores de electricidad pueden ser de tipo electromecánico o electrónico. Los contadores electrónicos ofrecen ciertas ventajas:

- Mejoran la exactitud de la medición
- Son más fáciles de calibrar
- Mayor seguridad

- Medición de otros parámetros además del consumo de energía por ejemplo el Factor de potencia
- Dependiendo de las funciones que tenga puede permitir:
    - Lectura automátizada
    - Opciones de facturación avanzada como tiempo de uso o prepago

2.1 PARTES DEL MEDIDOR DE ELECTRICIDAD

2.1.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

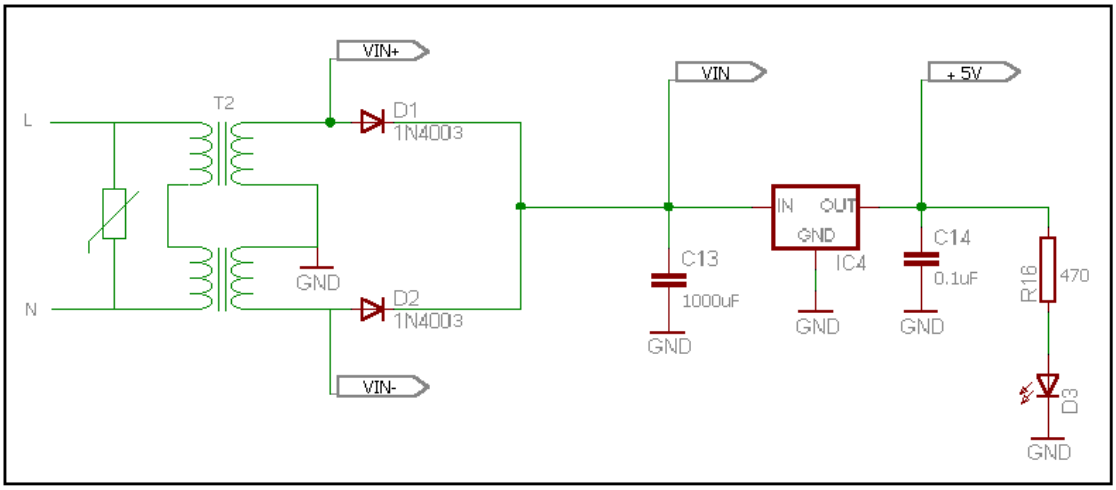


Figura 1. Circuito de alimentación

La fuente de alimentación se encarga de generar los niveles de voltaje necesarios para que todos los elementos que conforman el contador trabajen de manera adecuada.

Un transformador de 120VAC – 12VAC se utiliza para reducir el voltaje de línea. Además cuenta con un varistor conectado entre las dos entradas el cual sirve de protección contra picos de voltaje que puedan presentarse en la línea.

La señal alterna de 12VAC es rectificada por medio de los diodos D1 y D2. La señal pulsante obtenida a la salida del rectificador es filtrada por medio del capacitor C13 para generar una señal DC más continúa, está señal es introducida al regulador de voltaje

AN7805 (IC4) el cual a la salida reducirá el voltaje a 5 VDC, que se utilizará para alimentar al microcontrolador, temporizador, CS5460, MAX232 y el led.

El capacitor C14 que se ha colocado a la salida del regulador de voltaje sirve como filtro para eliminar ruido de alta frecuencia

El LED colocado a la salida del regulador tiene la función de indicador de encendido.

2.1.2 SENSOR DE ENERGÍA

El sensor de energía se encarga de hacer un muestreo del voltaje y corriente presentes en la línea. Luego procesa los valores obtenidos para determinar la cantidad de electricidad que se está consumiendo.

El sensor de energía se divide en dos etapas, una consiste en un circuito integrado que es el que se encarga de sensar ambas señales (voltaje y corriente) y obtener el consumo de energía. La otra etapa consiste en una red formada por resistencias y capacitores; dicha red debe colocarse entre la salida del transformador y el circuito integrado.

2.1.2.1 CIRCUITO DE ENTRADA PARA CANAL DE VOLTAJE Y CANAL DE CORRIENTE

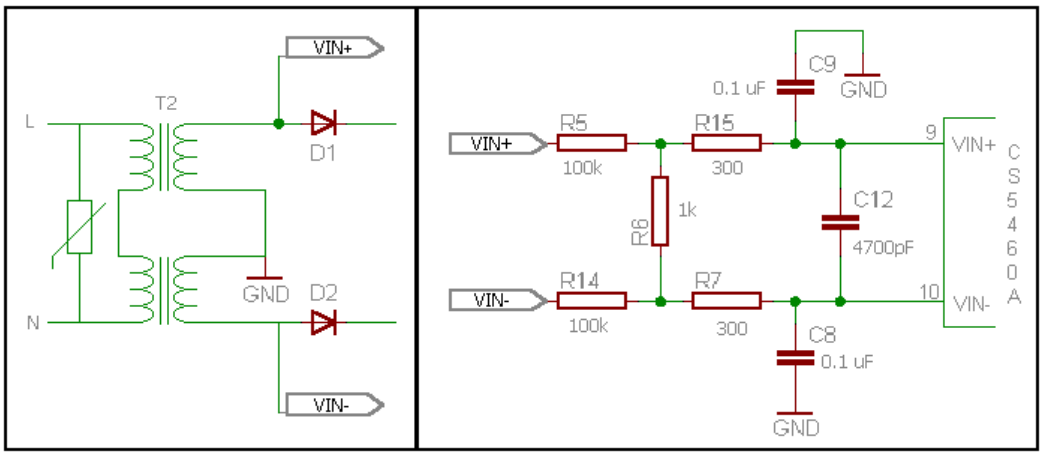


Figura 4. Circuito de entrada para canal de voltaje

Las muestras de voltaje de línea pueden tomarse haciendo uso de un transformador o de una red de resistencias.

Debido a que el máximo voltaje de entrada que puede haber en el canal de voltaje del CS5460A es de 150mVRMS debe colocarse una red de resistencias después de las líneas del secundario del transformador con el fin de reducir el voltaje a la entrada del canal.(ver figura 4)

Para el muestreo del canal de corriente se puede hacer uso de una resistencia shunt o un transformador de corriente.

Dependiendo de la ganancia que se le configure al canal de corriente la entrada diferencial es limitada hasta un máximo de 150m VRMS. Este voltaje es provisto por el transformador de corriente y la resistencia que esta conectada en paralelo a sus líneas, y es reducido por una red de resistencias similar a la del canal de voltaje. Con esto nos aseguramos que la entrada de Iin+ tenemos los valores adecuados para poder aplicárselos al CS5460 (Ver figura 5).

Los capacitores C8, C9, C12 en el canal de voltaje y C11 en el canal de corriente ayudan a atenuar las altas frecuencias RFI que pueden entrar en los canales. Los capacitores deben colocarse lo más próximo a sus respectivos pines de entrada.

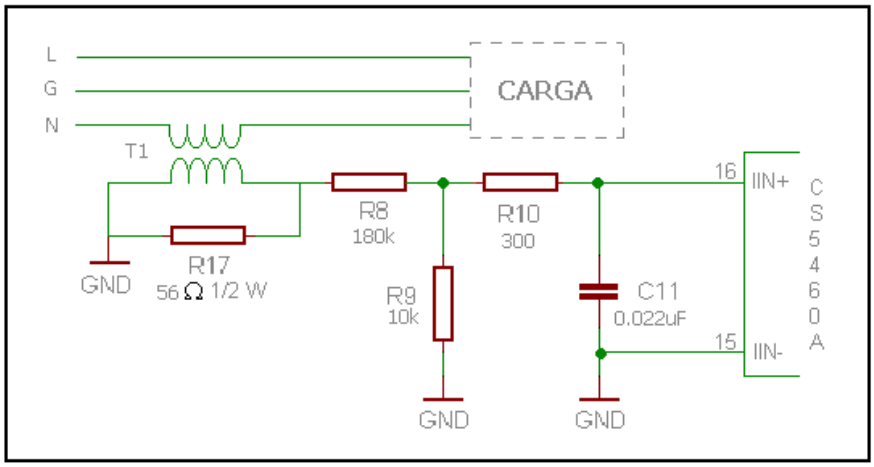


Figura 5. Circuito de entrada para canal de corriente

2.1.2.2 EL CIRCUITO INTEGRADO CS5460A

Como sensor de energía se utiliza el CS5460A desarrollado por la compañía Cirrus Logic.

El CS5460A es un circuito integrado de 24 pines. Posee dos convertidores analogo-digital, una interfaz para comunicación serial, entrada para oscilador y una salida de pulsos cuya frecuencia promedio es proporcional a la energía que se está consumiendo.

Internamente el integrado se encarga de realizar el cálculo para obtener el valor de energía, potencia instantanea, corriente instantánea, voltaje instantáneo, corriente RMS y voltaje RMS.

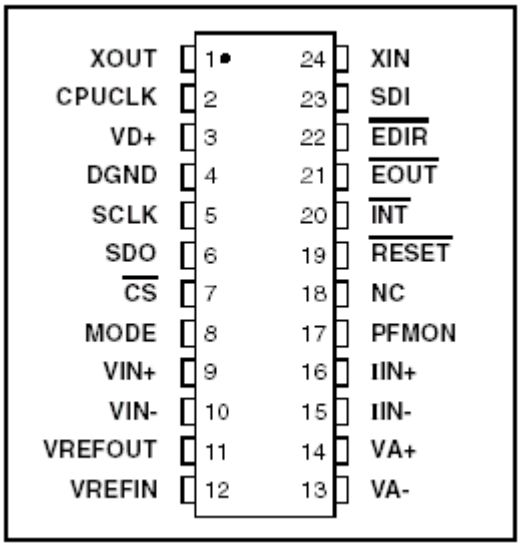


Figura 2. Diagrama de pinas de CS5460A

2.1.2.2.1 Medición de Energía

El CS5460A posee dos convertidores analogo-digital, uno se utiliza para sensar voltaje y otro para sensar corriente (Llamados de aquí en adelante canal de voltaje y canal de corriente).

Para obtener el valor de energía, Votaje RMS y corriente RMS, el CS5460A toma una serie de muestras, la cantidad de muestras tomadas dependerá de el valor registrado en el Cycle Count Register (por default 4000 muestras por segundo). Al conjunto de N muestras se le denomina Ciclo de cálculo.

Cuando se toma una muestra del canal de corriente y del canal de voltaje, se estan tomando muestras instantáneas de corriente y voltaje respectivamente.

Cada una de estás muestras de corriente y voltaje instantáneos se multiplican para obtener

muestras de potencia instantánea. Las muestras de potencia instantánea son agrupadas, la suma acumulativa de cada conjunto sucesivo de N potencias instantáneas es usada para calcular el resultado que será guardado en el Registro de Energía, el cual será proporcional a la cantidad de energía real registrada por el dispositivo durante los N ciclos de conversión A/D más recientes (ciclo de cálculo).

Todos los registros del CS5460A son de 24 bits de longitud. Los registros que alojan los valores obtenidos en el ciclo de conversión (corriente y voltaje instantáneos, corriente y voltaje RMS, potencia y energía) se encuentran en formato a dos, además si el registro es signado podrá almacenar valores entre -1 y 1 mientras que si el registro es sin signo el valor almacenado estará entre 0 y 1

2.1.2.2.2 Pines EOUT y EDIR

El pin EOUT y EDIR proveen una interfaz simple para determinar la energía consumida por el usuario.

Cada pulso en el pin EOUT representa una predeterminada cantidad de energía. Esta cantidad de energía representada en un pulso puede variar ajustando el valor en el Pulse-Rate Register. EL pin EDIR representa el signo de la energía.

Estos pines se pueden configurar de tres formas:

- Formato normal
- Formato motor paso
- Formato contador mecánico

Para cada tipo de formato la duración y forma de la salida de pulsos será diferente. En la figura 2 se muestran la forma de la señal para cada formato.

Por omisión en formato normal. EL CS5460A posee un registro interno (que no puede ser accesado por el usuario) que se encarga de manejar la acumulación de energía, si la cantidad de energía es igual o más grande que la cantidad de energía representada por un pulso el CS5460A emitirá una rafaga de 1 o más pulsos en el pin EOUT (y posiblemente en EDIR). Se emitirán tantos pulsos como sea necesario para reducir el valor acumulado de energía en

el registro interno, a un valor que sea menor que la energía representada en un pulso, esta energía que queda resagada no es descargada sino que se mantiene acumulada hasta que se alcanza un valor que sea lo sufiente para emitir nuevamente otro pulso (o ráfaga de pulsos).
Los pulsos en EDIR, indican el signo de la energía. Si el pin se encuentra en un nivel alto (uno lógico) el signo de energía que se ha registrado es positivo, si la señal de salida en este pin es igual a la forma de onda en EOUT entonces el signo de la energía es negativo.

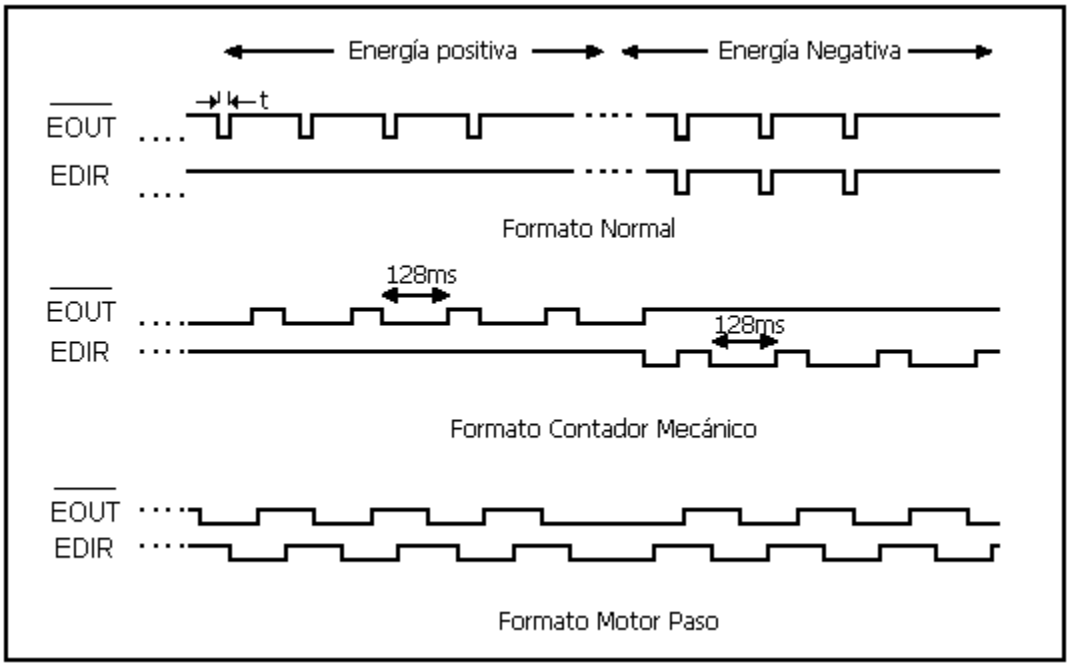


Figura 3. Formas de onda en pin EOUT y pin EDIR

Los pines EOUT y EDIR son capaces de manejar motores paso y contadores de baja potencia.
En formato contador mecánico se emiten pulsos de 128ms de ancho con un cristal de 4.096MHz y K=1, cuando la energía es positiva el pulso aparece en el pin EOUT y cuando es negativa en EDIR. EL pulse rate register debe acomodarse de tal forma que los pulsos de salida no sean mayores a 128ms ó sean demasiado rápidos. Para valores de cristales diferentes a 4.096MHz la duranción del pulso será igual a 128*4.096MHz/(MCLK/K)ms.

En formato motor paso, cuando se ha registrado suficiente cantidad de energía para emitir

un pulso de energía ya sea positivo o negativo uno de los pines de salida, ya sea EOUT o EDIR cambia su estado. La dirección del motor estará ligada al orden de los cambios de estado. Cuando la energía es positiva, EOUT adelantará ¼ de período a EDIR; cuando la energía es negativa se hará a la inversa.

2.1.2.2.3 Selección del cristal

Las entradas XOUT y XIN (pines 1 y 24 respectivamente) se utilizan para conectar un cristal, un resonador de cerámica o una señal de reloj externa que sirve para generar la señal de reloj que utiliza el sistema. También puede conectarse una señal de reloj externa.

El cristal o señal de reloj que se utilice puede estar entre los 2.5Mhz a los 20Mhz. Además un divisor K deber ser configurado con un valor apropiado tal que el valor de MCLK/K (donde MCLK es el valor del cristal o señal de reloj) que corresponde al valor del reloj interno del integrado este dentro de un rango que va de los 2.5MHz a los 5MHz. El valor de K se configura en el Registro de Configuración (bits 3:0).

Por ejemplo, si XIN es igual a 20MHz el valor mínimo de K que puede ser configurado debe ser 4 y el máximo 8, para no pasarse del límite superior e inferior permisibles.

El cristal puede ser conectado directamente a los pines XIN y XOUT debido a que el CS5460A posee internamente dos capacitores de 22pF conectados uno entre XIN y DGND y otro entre XOUT y DGND . Si se va a trabajar con una señal de reloj externa está deberá conectarse a XIN y dejar el pin XOUT desconectado.

Además el CS5460A posee un pin CPUCLK (2) que provee una señal de reloj externa que puede utilizarse para conectar a un microcontrolador, una memoria EEPROM o cualquier carga que sea de tipo CMOS. Esta señal de reloj tendrá una frecuencia igual al del cristal colocado entre los pines XIN y XOUT, puesto que nos es afectada por el divisor K.

2.1.2.2.4 Voltajes en los canales análogos y voltaje de referencia

El máximo valor de voltaje de entrada para ambos canales permisible es de ±250mV a escala completa. Si la ganancia en el canal de corriente se cambia de 50x a 10x el rango de entrada diferencial se reduce a ±50mV (Esto se puede configurar en el Registro de configuración, para el canal de voltaje la ganancia esta fijada en 50x).

Para que los dos conversores análogo-digital trabajen correctamente un voltaje de referencia debe ser suministrado a VREFIN. El voltaje de referencia al que opera es de +2.5V entre VREFIN (12) y VA- (13). El CS5460A incluye una referencia interna de 2.5V disponible en el pin VREFOUT, que puede ser usado como la referencia para VREFIN. Puede utilizarse una referencia externa, de ser así el pin VREFOUT debe dejarse desconectado.

2.1.2.2.5 Interfaz Serial

La interfaz serial SPI consiste en 3 pines de entrada (CS, SDI y SCLK)y uno de salida (SDO).

Los comandos que se envian al CS5460A tienen un tamaño de 1 palabra (8 bits), y los registros internos de este tienen una longitud de 3 palabras (24 bits).

Cuando la operación a realizar es de escritura, los primeros 8 SCLK (ciclos de reloj) serán para la recepción del comando y los siguientes 24 SCLK se ocuparan para leer los bits que entran en el puerto SDI (iniciando por el MSB).

Cuando la operación es de lectura los siguientes 24 SCLK que le siguen a la recepcion del comando se utilizan para temporizar la transferencia de los bits en el puerto SDO (iniciando con el MSB).

Durante el ciclo de lectura un comando SYNC0 (el valor FEh) debe colocarse en el puerto SDI mientras se lee el dato en el puerto SDO

2.1.2.2.6 Calibración

El CS5460A permite la calibración de algunos de sus registros internos para un mejor funcionamiento y exactitud en las mediciones. Los registros que se pueden calibrar son, offset DC para canal de corriente, offset DC para canal de voltaje, offset AC para canal de corriente, offset AC para canal de voltaje, ganancia DC para canal de corriente, ganancia DC para canal de voltaje, ganancia AC para canal de voltaje, ganancia AC para canal de corriente.

Durante las secuencias de calibración las señales de entrada de calibración deben ser suministradas a los pines + y – de las entradas de los canales de voltaje y corriente. Las

señales de entrada representan niveles a plena escala (para calibración de ganancia) y niveles de entrada de tierra (para calibración de offset).

Para iniciar la calibración debe estar activo y listo para recibir comandos via SPI, como primer paso se deben aplicar las señales apropiadas de calibración a los canales de entrada, luego se procede a enviar el comando de calibración (1 byte) via SPI al CS5460A. Después que este ha completado la calibración y ha actualizado los respectivos registros, el bit DRDY en el Registro de Estado se activa indicando que la calibración ha sido completada. Si el usuario lo desea puede leer los valores actualizados de los registros de calibración enviando primero un comando de 8 bits indicando lectura del registro que desea conocer, y luego leyendo los 3 bytes que le serán enviados desde el CS5460A.

2.1.3 TEMPORIZADOR

El chip DS1302 de Dallas Semiconductor es un reloj en tiempo real, que cuenta años, meses, fecha, día de la semana, horas, minutos y segundos. El final del mes es ajustado automaticamente para meses con menos de 31 dias incluyendo correcciones para años bisiestos hasta el 2100.

Posee 31 bytes de memoria RAM estatica y tiene una interfaz de comunicación serial sincrona de 3 lineas: RST (reset), I/O (línea de datos), SCLK (entrada de reloj). Los datos pueden ser transferidos hacia o desde el reloj ya sea un byte a la vez o en ráfaga.

El DS1302 esta diseñado para operara a muy baja potencia y retiene información de datos a menos de 1 uWatt.

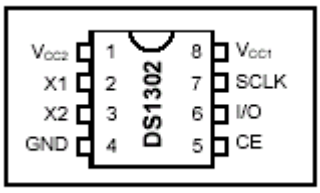


Figura 6. Diagrama de pines de DS1302

2.1.3.1 Funcionamiento

La hora y fecha se pueden configurar escribiendo en el registro apropiado. El reloj/calendario posee 7 registros de lectura/escritura: Año, Mes, Dia de la Semana, Día del Mes, Hora, Minutos y Segundos, los datos contenidos en estos registros están en formato BCD. Y además permite configurar el registro de horas en formato de 24 horas o 12 horas con un indicador AM/PM.

Para configurar un registro del DS1302 debe enviarse primero un byte de comando. El formato de este byte es el siguiente:

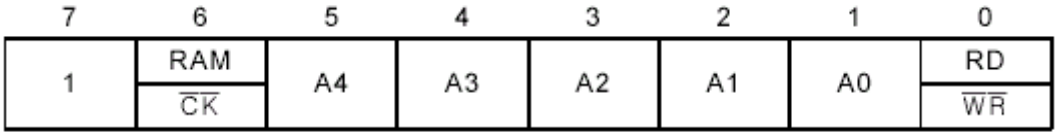


Figura 7. Formato de registros en DS1302

Para iniciar la recepción de datos, el pin RST (5) debe colocarse en estado activo (1 lógico), la entrada de datos se da cuando se registra un flanco ascendente en SCLK. Los primeros 8 bits que se reciben corresponden al byte de comando indicando que registro será accesado (Ver figura 8). Después que los primeros 8 ciclos de reloj han cargado la palabra de comando en el shift register, los 8 ciclos de reloj adicionales serán para recibir el byte que se escribirá en el registro seleccionado, cada vez que se de un flanco ascendente en SCLK, el DS1302 leerá el bit que ha entrado al puerto.

El usuario también puede hacer una lectura de estos registros. Para dar inicio a la lectura de un registro debe enviarse primero el byte de comando indicando cual es el registro al que se desea accesar. Después que los primeros 8 ciclos de reloj han cargado la palabra de comando, en los siguientes 8 ciclos de reloj se iniciará la transferencia del valor contenido en el registro seleccionado, el DS1302 transmitirá un bit cada vez que registre un flanco descendente en el pin SCLK (Ver figura 8).

El pin RST (5) debe ponerse en bajo una vez terminada la comunicación con el DS1302.

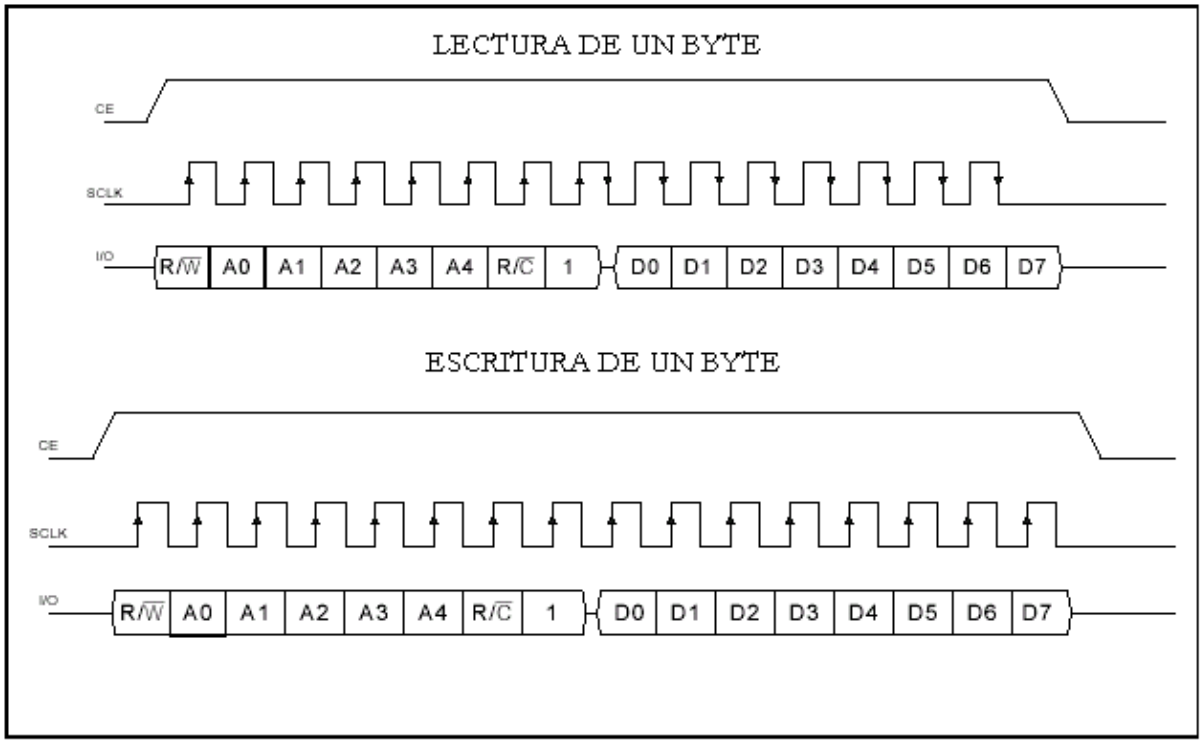


Figura 8. Diagramas de temporización para lectura y escritura de DS1302

Entre los pines X1 y X2 se conecta directamente un cristal para proveer la señal de reloj que el integrado necesita. Para el correcto funcionamiento de este se debe trabajar con un cristal de 32.768 khz.

El DS1302 posee una entrada para alimentación secundaria (VCC1) que se activa si llega darse alguna falla en la alimentación primaria (VCC2). Cuando VCC2 es más grande que VCC1+0.2V, Está pasará a ser la alimentación del sistema. Cuando VCC2 sea menor que VCC1, VCC1 será la alimentación primaria.

2.1.4 DISPLAY

Como interfaz entre el medidor y el usuario se hace uso de una pantalla de tipo LCD (Liquid Cristal Display).

El RCM2034R es una pantalla de cristal líquido de 1 línea por 16 caracteres. El tamaño de la matriz de puntos para cada caracter es de 5X7 y puede desplegar arriva de 226 caracteres y símbolos especiales.
Como interfaz posee un bus paralelo que puede trabajar ya sea como un bus de 4 bits o de 8 bits .

2.1.4.1 Funcionamiento

La inicialización del modulo consiste en una serie de comandos que le indican a la pantalla como operar. Los comandos de inicialización se ejecutan después de encendido el módulo LCD.

Cuando la pantalla es encendida debe esperarse por lo menos un lapso de 15ms para que la inicialización sea completada. Después deben configurarse los siguientes parametros:

- Longitud del bus de datos. 4-bits o 8-bits
- Seleccionar 1 línea o 2 líneas
- Tamaño de la matriz de caracteres 5x7 puntos o 5x10 puntos
- Pantalla apagada o encendida
- Cursor apagado o encendido
- Intermitencia del cursor apagado o intermitencia del cursor encendido
- Decrementar la posición del cursor o incrementar la posición del cursor
- El texto de la pantalla no se desplaza o el texto de la pantalla se desplaza en el momento que se escribe un caracter

Una vez configurada la pantalla LCD se procede a configurar en que posición de la pantalla se iniciará la escritura y luego se envía el o los caracteres a desplegar en está.
En la siguiente tabla se muestra los rangos de direcciones de DDRAM que pueden configurarse para ubicar el caracter en la pantalla dependiendo de la cantidad de caracteres que esta puede mostrar.

Tamaño de la pantalla (línea * caracteres)	Posición del caracter	Dirección DDRAM
1*8	00…07	0x00…0x07
1*16	00…15	0x00…0x0F*
1*20	00…19	0x00…0x13
1*24	00…23	0x00…0x17
1*32	00…31	0x00…0x1F
1*40	00…39	0x00…0x27

TABLA 1. Direccionamiento de DDRAM para LCD de una línea

*Algunas pantallas de 1 línea x 16 caracteres permiten el siguiente direccionamiento

1- 0x00…0x07 + 0x40…0x47

2- 0x80…0x87 + 0xC0…0xC7

La pantalla LCD posee tres pines de control (Ver figura 9), por medio de ellos se especifica si lo que se desea es ejecutar una instrucción o ya sea leer o escribir un dato en la pantalla o en la memoria RAM:

- E (Enable). Es el pin de habilitación
- RS (Register select signal). Si su estado es 1 indica que en el bus hay un dato. Si es 0 indica que en el bus hay una instrucción.
- R/W (Read/ Write). Si su estado es 1 indica lectura. Si su estado es 0 indica escritura.

Si lo que se desea es enviar una instrucción primero debe colocarse la instrucción en el bus de datos, luego los pines de control deben colocarse en los siguientes estados, RS = 0, R/W = 0.

Si se escribirá un dato en la pantalla entonces los estados deben ser los siguientes, RS = 1, R/W = 0.

Si se leerá un dato en la pantalla entonces los estados deben ser los siguientes, RS = 1, R/W = 1.

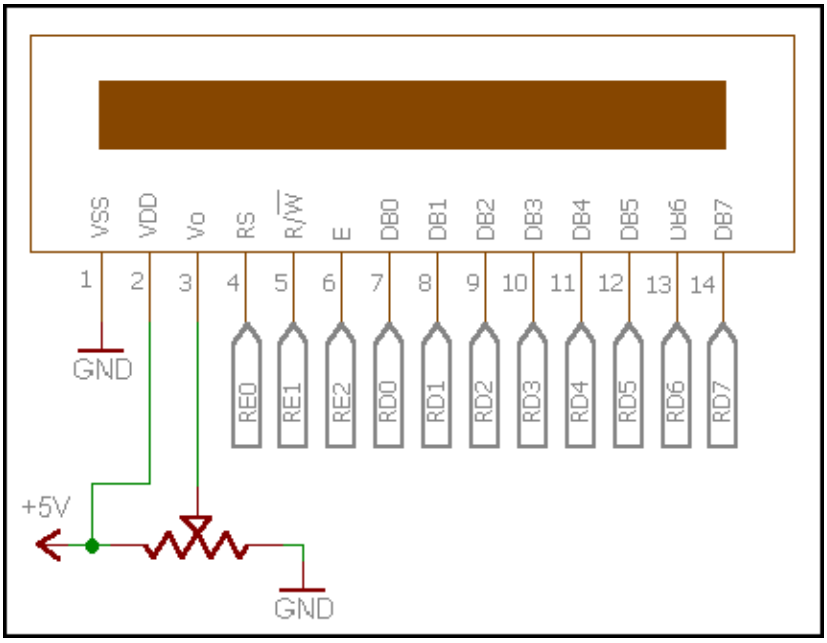


Figura 9. Conexión de la pantalla LCD

Los pines de alimentación son Vss y Vdd y el máximo voltaje que puede haber entre estos de 6.5V. Además debe colocarse un potenciómetro (cuyo valor debe estar entre los 10KΩ y los 20KΩ) entre ambos pines (ver figura 9) cuya finalidad será el de regular la intensidad con la que se muestran los caracteres en la pantalla.

2.1.5 MICROCONTROLADOR

Para manejar el sistema se está haciendo uso de un microcontrolador. El PIC16F877A de Microchip, es un microcontrolador que posee entre sus caracterísicas:

- Memoria de programa Flash de 8Kx14 palabras
- 368x8 bytes de memoria de datos en RAM
- 256x8 bytes de memoria de datos en EEPROM
- Posee tres temporizadores (TImer0, 1, 2)
- Dos módulos de captura, comparación y PWM
- Un puerto seral sincrono (SSP), con SPI e I2C
- Un puerto Universal Transmisor/ Receptor síncrono asíncrono (USART/SCI- Universal

Synchronous Asynchronous Reciver Transmitter)

- 8 canales de conversión Análogo a Digital (A/D) de 10-bits
- 5 puertos I/O (A, B, C, D, E)
- Encapsulado de 40 y 44 pines

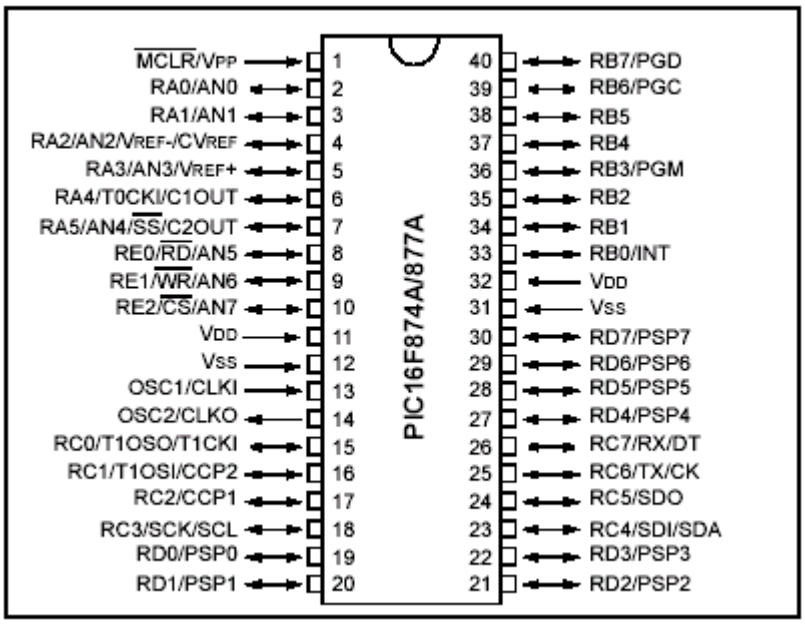


Figura 10. Diagrama de pines de PIC16F8776 (PDIP)

Las funciones del PIC16F877A dentro del sistema son:

1. Se encarga de configurar todos los componentes del medidor. Configura el sensor de energía CS5460A, el temporizador DS1302 y la pantalla LCD
2. Maneja los botones de selección.
3. Controla la calibración del CS5460A
4. Maneja la cantidad de energía acumulada, llevando un registro de los pulsos emitidos por el pin EOUT (21) del CS5460A. Y verifica el signo de estos sensando el pin EDIR (22) del mismo.
5. Verifica continuamente la Hora y Fecha registrados por el temporizador DS1302
6. Convierte en formato ASCII el valor de Energía y lo presenta en pantalla.
7. Se encarga de enviar el valor acumulado de energía al MODEM GSM.

2.1.5.1 Distribución de puertos del microcontrolador

Para manejar los componentes que conforman el sistema del medidor se hace uso de los puertos del microcontrolador. Las funciones que se les ha dado son las siguientes:

- PUERTO A: Se utiliza para controlar el temporizador DS1302, además los puertos RA3, RA4 y RA5 se utilizan como señales de control para el puerto RS-232
- PUERTO B: El pin RB0/INT y el pin RB1 se conectan al pin EOUT y EDIR respectivamente

  Los pines RB5, RB6, RB7 se utilizan para controlar los botones
- PUERTO D: pines RD0-RD7 se conectan con el bus de datos de la pantalla LCD, siendo RD0 el bit menos significativo y RD7 el más significativo.
- PUERTO E: Se conectan a los pines de control de la pantalla LCD.
- PUERTO SPI: Los puertos RC2, RC3, RC4 y RC5 se han configurado como puertos SPI por lo que se utilizan para comunicar al microcontrolador con la interfase SPI del CS5460A
- PUERTO RC0 se utiliza como señal de control para el puerto RS-232
- PUERTO USART: Los puertos RC7 y RC6 se configuran para servir como líneas de transmisión y recepción del puerto serial asíncrono (RS-232)

2.1.5.2 Alimentación

El rango de voltaje DC que puede ser aplicado al microcontrolador entre los pines VSS y VDD para que este trabaje de forma adecuada está entre los 2 Voltios y los 5.5 Voltios.

2.1.5.3 Señal de reloj

El microcontrolador puede trabajar con cualquiera de los siguientes tipos de oscilador:

- LP: Cristal de baja potencia que puede estar entre los 32KHz y los 200KHz
- XT: Cristal/ resonador entre los 200KHz y los 4MHz
- HS: Cristal de alta velocidad que abarca el rango de los 4MHz y los 20 MHz
- RC: Resistencia-capacitor

En los modos XT, LP y HS permite sustituir el cristal por una fuente externa de reloj, la cual se introduce en el pin OSC1/CLKI dejando suelto el pin OSC2/CLKO. Para la presente aplicación la fuente externa de señal de reloj se toma desde el pin CPUCLK del CS5460A y la frecuencia de dicha señal corresponde a la de la frecuencia del cristal que se le ha colocado al CS5460A.

2.2 FUNCIONAMIENTO DEL MEDIDOR

2.2.1 LECTURA DE ENERGÍA

El CS5460A está configurado para emitir 1 pulso por cada 10Whr consumidos por la carga. Por ejemplo si se tiene una carga de 100Watts, en una hora deben registrarse 10 pulsos (si un pulso representa 10Whr se necesitan 10 pulsos para acumular 100Whr). El pin EOUT del CS5460A está conectado al pin INT (puerto RB0) del PIC16F877A y el pin EDIR está conectado al puerto RB1. El pin INT se ha configurado de tal forma que se activará una interrupción cada vez que un flanco descendente sea detectado en este pin. Cuando se atiende la petición de interrupción en el PIC16F877A se procede a verificar el estado del puerto RB1, si este se encuentra en alto se procede a incrementar un contador, si el estado de este pin se encuentra en bajo (puesto que la salida del pin EDIR coincide con la salida en EOUT ver figura 11) se procede a decrementar el mismo contador. Cada vez que el contador alcance el valor de 100 significa que se han alcanzado los 1000Whr lo que quiere decir que se tiene 1KWhr por lo que un contador de Kilowatts-hora será incrementado y el contador de watts-hora se limpiará para iniciar un nuevo conteo. Si el contador de watts-hora es decrementado a menos de cero este se reinicia en 99 y se decrementa en uno el contador de Kilowatts-hora.

Cada vez que se incrementa el contador de watts-hora este valor es actualizado en la pantalla LCD, del mismo modo cada vez que se tiene un incremento del contador de Kilowatts-hora este valor se actualiza en la pantalla.

2.2.2 LECTURA DE LOS BOTONES

El medidor posee 4 botones (ver figura 11):

1. Botón para reincio del medidor (botón 1).
2. Botón de calibración (botón 2).
3. Botón para configurción de fecha y hora(botón 3).
4. Botón de entrada(botón 4).

El boton para reinicio como puede verse en la figura 11 está colocado a la entrada del pin 1 del PIC16F877A. Cuando el pin MCLR/Vpp pasa de estado alto a bajo, salta al vector de reinicio (0x0000), el cual está programado para vuelva a inciar el programa, lo que significa que todos los componentes del medidor volverán a ser reiniciados y los registros de conteo de watt-hora y Kilowatt-hora serán limpiados.

Cuando se presiona el botón de calibración se pasa a la rutina de calibración del CS5460A, mostrando el mensaje "OFFSET DC". Cuando este mensaje aparece deben colocarse las entradas de los canales de voltaje y de corriente del CS5460A a tierra y luego presionar nuevamente el botón 2.
Cuando la calibración de offset DC finalice aparecerá el mensaje "OFFSET AC", nuevamente deben colocarse las entradas de los canales de voltaje y de corriente a tierra y presionar el botón 2.
Al finalizar la calibración de offset AC finalice el PIC16F877A limpiará los contadores watt-hora y Kilowatt-hora y volvera a iniciar la cuenta.

Si se presiona el botón de configuración de fecha y hora (botón 3) se procede a seleccionar el los valores que serán guardados en los diferentes registros del temporizador. El DS1302 no es inicializado hasta entrar en esta parte del programa, en la pantalla aparecera el mensaje "A:01" que corresponde al año, el usuario puede seleccionar el año por medio del botón 2 para incrementar y boton 3 para decrementar cuando vea en pantalla el valor deseado presiona el botón 4 que sirve para seleccionar. El mismo procedimiento se realiza para seleccionar el mes(M), día(D), hora(h), minutos(m) y segundos(s). Cuando se da entrada al valor de segundos el PIC16F877A procede a enviar los datos al DS1302 para que este inicie el conteo de tiempo.

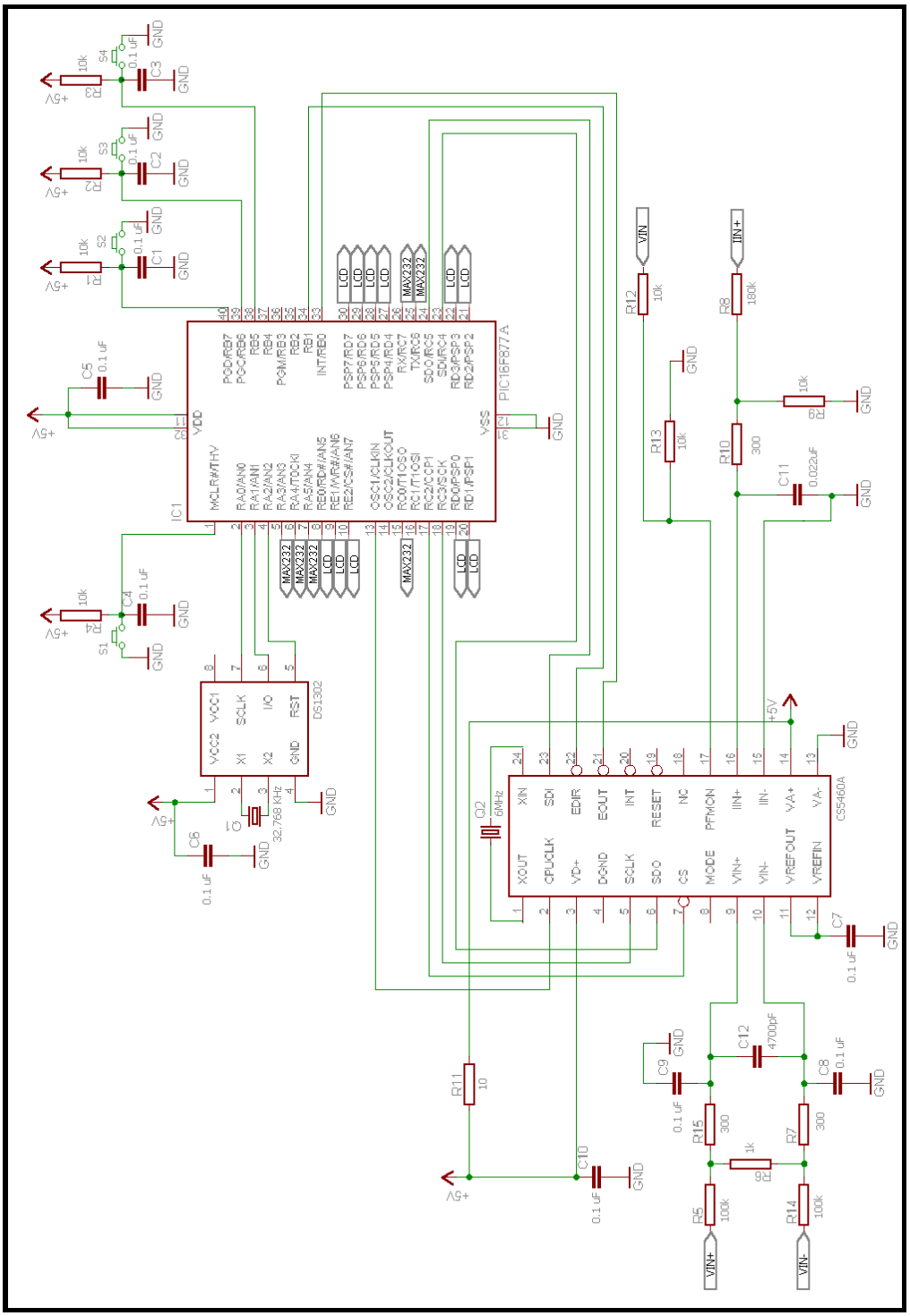


FIGURA 11.Diagrama de conexiones entre el CS5460A, DS1302 y PIC16F877A

2.2.3 LECTURA DE CONSUMO MENSUAL

El programa se encuentra en un lazo infinito verificando la fecha y hora, cuando la fecha coincide con el primer día del mes y la hora es 00 con 01 minutos, el PIC16F877A procede a leer el valor registrado hasta esa fecha en el contador Kilowatt-hora y watt-hora (que corresponde al consumo total de energía acumulado por el usuario) y lo muestra en pantalla. Después limpia de nuevo los registros para iniciar un nuevo conteo de watts-hora y Kilowatts-hora que el usuario consumirá en el siguiente mes.

3. UNIDAD DE INTERFACE DEL MEDIDOR

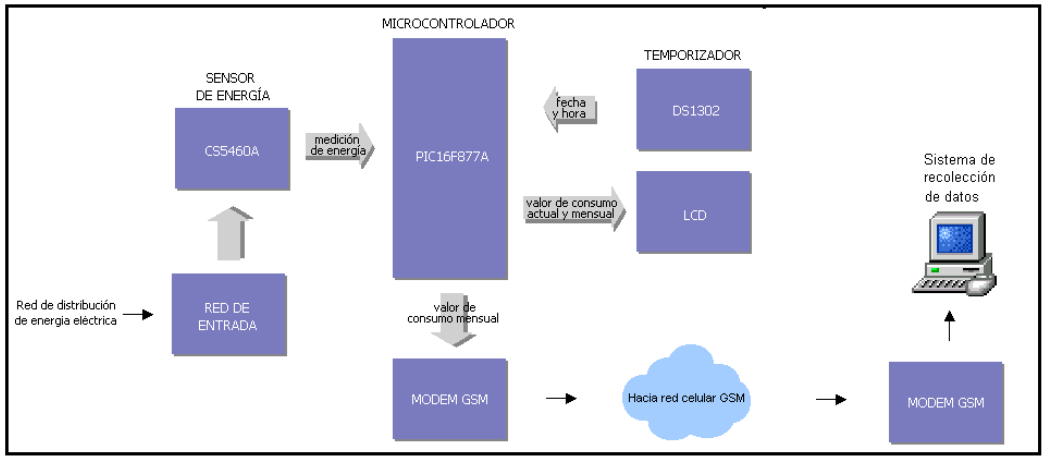


Figura 12.Diagrama de bloques de sistema

La unidad de interface del medidor es la que se encarga de transmitir el dato desde el medidor a la unidad recolectora de datos.

Debido a que se utiliza como medio de transmisión la tecnología GSM, como unidad de interface se hace uso de un MODEM externo GSM 850/1900MHz.

3.1 MODEM

El MODEM utilizado es el MultiModem® GPRS de MultiTech Systems (modelo MTCBA-G-F2).

Este modem de tipo externo posee entre algunas de sus características:

- Soporta servicio de envío de mensajes cortos (SMS)
- Opera en GPRS Class 10
- El sistema puede trabajar a las frecuencias 850/1900 o 900/1800 GSM/GPRS
- Es GSM clase 1 y clase 2
- Fax grupo 3
- 14.4K GSM circuit switched data
- La interface serial soporta velocidades de DTE de hasta 115.2K
- Puede manejarse por medio de comandos AT
- Paquetes de datos hasta de 85Kbps

Puede utilizarse para aplicaciones que requieran conexión inalámbrica como:

- Terminales ATM
- Sistemas de monitoreo remoto ya sea industriales o médicos
- Recolección de datos
- Diagnostico remoto
- Mediciones remotas
- Sistemas de seguridad

El MODEM trabaja con una alimentación de 5-32VDC, 400mA. Posee una interfaz serial y un conector SMA para adaptarle una antena En la siguiente tabla se muestra las especificaciones de la antena

	GSM850	**GSM900**	**GSM1800**	**GSM1900**
Frecuencia Rx	869-894MHz	925-960MHz	1805-1880MHz	1930-1990MHz
Frecuencia Tx	824-849MHz	880-915MHz	17101785MHz	1850-1910MHz
Potencia	2W	2W	1W	1W
Impedancia	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms
VSWR	<2	<2	<2	<2

Tabla 2. Características de la antena para el Multimodem GPRS

Cada modem posee su propio número el cual es asignado por el proveedor del servicio de

telefonía cuando se le entrega al suscriptor su tarjeta SIM.

El modem posee una interfaz serial RS-232, los valores que posee de fabrica son autobaud, 8 bits de datos, 1 bit de paro, sin paridad y control de flujo RTS/CTS.
El modem soporta Baud Rates que van desde 0 hasta 115200.
Respecto a la trama de datos esta puede ser de 7 u 8 bits, permite configuración de bit de paro de 1 o 2 bits y el bit de paridad puede ser par, impar, marca, espacio o sin bit de paridad.
El control de flujo que soporta es RTS/CTS otro tipo de control de flujo como el Xon/Xoff no es soportado.

El puerto serial consiste en un conector DB-15 tipo macho. La distribución de los pines es la siguiente:

PIN	RS-232	DESIGNACION
1	DCD	Data Carrier Direct
6	RX	Receive Data (salida)
2	TX	Transmit Data
8	DTR	Data Terminal Ready
9	GND	Tierra
7	DSR	Data Set Ready
11	RTS	Request to Send
12	CTS	Clear to Send
13	RI	Ring Indicator

Tabla 3. Distribución de pines para puerto serial

Los pines restantes poseen las siguientes funciones:

	PIN	FUNCION
AUDIO	4	Microfono (+)
	5	Microfono (-)
	10	Parlante (+)
	15	Parlante (-)
BOOT	3	BOOT (Solo para uso de fabrica)

RESET	14	RESET (Para reiniciar el dispositivo solo se conecta el pin a GND por un momento). En operación normal se encuentra abierto)

Tabla 4. Distribución de pines para puerto serial

3.1.1 COMANDOS AT

El usuario puede comunicarse con el modem y operarlo por medio de dos vías, si este lo desea puede hacer uso del software incluido junto con el modem o puede controlarlo por medio de comandos AT.

Un comando AT siempre debe iniciar con las letras AT (que proceden de la palabra ATention) y debe finalizar con un carácter <CR>.
Luego que el MODEM recibe un comando AT emite una respuesta que inicia y finaliza con los caracteres <CR><LF>. Por ejemplo si se desea verificar que el modem se ha registrado en la red el comando que debe recibir es:

AT+CREG? <CR>

Y la respuesta que se devolverá será:

<CR><LF>+CREG: 0.1<CR><LF>

Indicando que si lo está.

Cuando un comando se ha ejecutado de manera exitosa el modem retornará el mensaje OK.
Si el comando se ha digitado de forma incorrecta el modem emitirá el mensaje de ERROR.
Si se habilita la opción +CMEE (Report Mobile Equipment Error), se emitiría el mensaje de ERROR mas un mensaje que indica el tipo de error que se ha cometido.

3.2 COMUNICACION MEDIDOR- MODEM

Para comunicar el medidor con el modem se hace uso del puerto RS232.

El puerto el RS232, existente en todas las computadoras, actualmente es el sistema más común para la transmisión de datos entre ordenadores.
El RS232C es un estándar de comunicaciones propuesto por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA) y es la última de varias versiones anteriores.
Lo más importante del estándar de comunicaciones es la función especifica de cada pin de entrada y salida de datos porque nos encontramos básicamente con dos tipos de conectores los de 25 pines y los de 9 pines, es probable que se encuentre mas la versión de 9 pines aunque la versión de 25 permite muchas mas información en la transferencia de datos.

3.2.1 LA INTERFAZ RS-232

Para facilitar la conexión entre el DTE (Data Terminal Equipment) que generalmente es una computadora y el DCE (Data Communication Equipment) que es un modem se han desarrollado múltiples estándares que determinan todas las características físicas, eléctricas, mecánicas y funcionales de la conexión constituyendo lo que denominamos la definición de una interfase. Estos estándares constituyen un ejemplo de los protocolos del nivel físico, y se encuadrarían en el nivel más bajo del modelo de referencia OSI. Posiblemente el más conocido y popular es el "Recomendado Standard 232". El RS-232 es una norma para la conexión entre un DTE y un DCE que define:

- El tipo de conector a emplear.
- Las características eléctricas.
- Los niveles de tensión.
- Las longitudes máximas a distintas velocidades.
- Los nombres de las señales que intervienen en el funcionamiento y la estructura del protocolo de comunicación.

3.2.1.1 Señales

Esta norma establece una señalización eléctrica bipolar:

Nivel lógico 0: +15...+3Voltios. Llamado Marca.

Nivel lógico 1: -15...-3Voltios. Llamado Espacio.

Cuando se utilizan señales de control estos niveles adquieren una denominación diferente, el nivel lógico cero se utiliza como un indicador de activo ("ON"), y el nivel lógico uno se utiliza como apagado ("OFF")

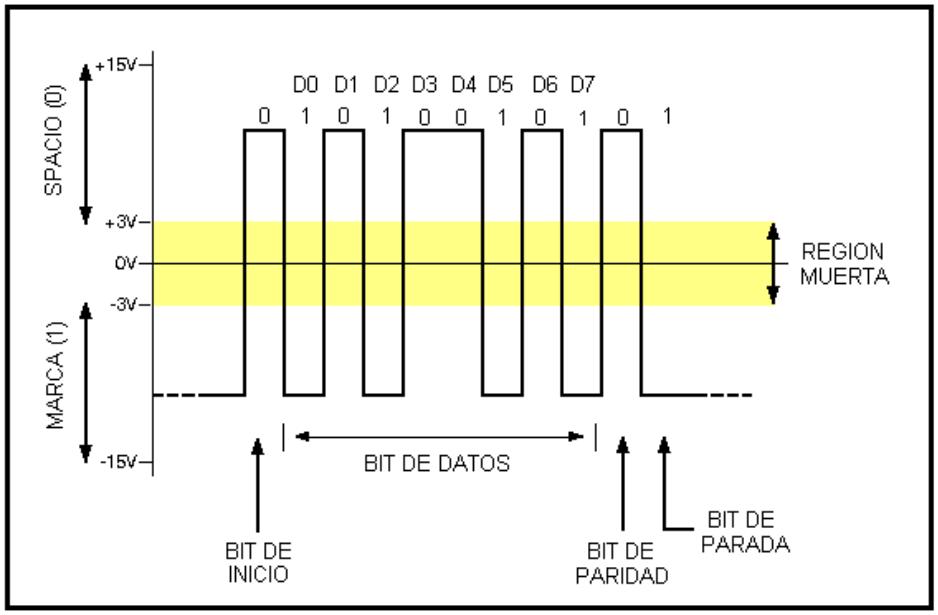
Al área que se encuentra entre los -3V y +3V se le denomina área muerta y está designada para absorver ruido en la línea.

Las velocidades de transmisión que puede soportar este estándar van desde los 0bps hasta los 20Kbps. Con respecto a las distancias máximas, ya que la atenuación incrementa conforme la longitud del cable aumenta, este efecto es en gran parte debido a la capacitancia electrica del cable, por lo que el estandar especifica que la máxima capacitancia del cable debe ser de 2500pF, es por ello que se propone que la longitud de los cables no sean superiores a 15 metros.

Debido a que la comunicación realizada con el puerto serie es una comunicación asícrona, se utilizan bits adicionales en la trama de datos para indicar a un dispocitivo cuando inicia o finaliza una transmisión de datos. Estos bits son:

- **Bit de paridad:** Este bit se utiliza para descubrir errores en la transmisión. Se puede dar paridad par o impar. En la paridad par, por ejemplo, la palabra de datos a transmitir se completa con el bit de paridad de manera que el número de bits 1 enviados es par.
- **Bit de parada:** indica la finalización de la transmisión de una palabra de datos. El protocolo de transmisión de datos permite 1, 1.5 y 2 bits de parada.
- **Bit de inicio.-** Indica que la transmisión ha comenzado.

Figura 13. Niveles de voltaje para protocolo RS-232



En la figura 13 se muestra un ejemplo de una trama de datos con los elementos antes mencionados. La señal se encuentra en estado lógico alto cuando no hay transmisión o recepción, y pasa a estado lógico bajo cuando la transmisión se inicia, la señal permanece en bajo durante la duración del bit de inicio y es seguido por los bits de datos, enviando (o recibiendo) el bit menos significativo primero. El bit de parada sigue al ultimo bit del dato (o al bit de paridad si hay) y siempre tiene un valor de uno lógico. Después que el bit de parada ha sido completado el bit de inicio de la siguiente transmisión puede ocurrir.

3.2.1.2 Control de Flujo

Hay dos métodos de control de flujo:

- Xon/Xoff
- Hardware

El control de flujo Xon/Xoff puede realizarse por medio de software y no necesita hardware adicional, solamente hace uso de las líneas TD/RD. Cuando debe suspenderse la entrada de datos, un byte Xoff (ASCII 19) se transmite al otro dispositivo. Si se desea iniciar de nuevo la transmisión un byte Xon (ASCII 17) debe transmitirse.

El control de flujo por hardware también conocido como control de flujo RTS/CTS, usa dos líneas adicionales del cable serial en lugar de transmitir carácteres extra en la línea de datos. Cuando el DTE puede recibir datos activará la línea RTS (colocandola en estado lógico bajo) si el DTE no puede recibir más datos desactivará la línea.
Si la línea CTS se encuentra en estádo lógico bajo (activa), esta le indica que puede iniciar una transmisión, si el dispocitivo receptor no desea recibir más datos colocará está línea en estado lógico alto.

3.2.1.3 Asignacion de pines

Las características de los pines y su nombre típico son:

TXD	Transmitir Datos	Señal de salida
RXD	Recibir Datos	Señal de entrada
RTS	Solicitud de envió	Señal de salida
DTR	Terminal de datos listo	Señal de salida
CTS	Libre para envió	Señal de entrada
DSR	Equipo de datos listo	Señal de entrada
DCD	Detección de portadora	Señal de entrada
SG	Tierra	Referencia para señales
RI	Indicador de llamada	Señal de entrada

Existen hasta prácticamente 25 mas señales pero no son muy usadas y para usos con el microcontrolador generalmente no son necesarias. En la tabla 5 se muestran las posiciones y explicación de los pines.
Para enviar datos desde el DTE hacia el DCE en primer lugar debe ocurrir que DRS y CTS estén a 0. Después se comunican datos usando TXD. En cualquier momento el DCE puede detener al DTE poniendo DSR a 1 o estableciendo CTS a 1.

Los pines que portan los datos son RxD y TxD los demás se encargan de otros trabajos, el DTR indica que el DTE esta encendido, DSR que el dispositivo conectado al puerto esta encendido, RTS que el DTE al no estar ocupado puede recibir datos, al revés de CTS que

informa que es el dispositivo el que puede recibir datos, DCD detecta que existen presencia de datos.

Conector 25 pines	Conector 9 pines	Nombre	Descripción
1	1	-	Masa chasis
2	3	TxD	Transmit Data
3	2	RxD	Receive Data
4	7	RTS	Request to send
5	8	CTS	Clear to send
6	6	DSR	Data Set Ready
7	5	SG	Signal Ground
8	1	DCD	Data Carrier Detect
15	-	TxC	Transmit Clock
17	-	RxC	Receive Clock
20	4	DTR	Data Terminal Ready
22	9	RI	Ring Indicator
24	-	RTxC	Transmin/Receive Clock

Tabla 5. Distribución de pines para puerto RS-232 según el tipo de conector a utilizar

La configuración del cable dependerá del tipo de dispositivos que serán conectados. Entre estás están:

✓ Cable DTE-DTE (o null modem)

	DB9 DTE	DB25 DTE		DB25 DTE	DB9 DTE	
TxD	3	2	→	3	2	**RxD**
RxD	2	3	←	2	3	**TxD**
SG	5	7	---	7	5	**SG**
RTS	7	4	→	5	8	**CTS**
CTS	8	5	←	4	7	**RTS**
DCD	9	8	←	20	4	**DTR**
DSR	6	6	←	20	4	**DTR**
DTR	4	20	→	8	9	**DCD**
DTR	4	20	→	6	6	**DSR**

Tabla 6. Conexión para cable null modem

✓ Cable DTE – DCE

	DB9 DTE	DB25 DTE		DB25 DCE	DB9 DCE	
TxD	3	2	→	2	3	**TxD**
RxD	2	3	←	3	2	**RxD**
SG	5	7	---	7	5	**SG**
RTS	7	4	→	4	7	**RTS**
CTS	8	5	←	5	8	**CTS**
DCD	1	8	←	8	1	**DCD**
DSR	6	6	←	6	6	**DSR**
DTR	4	20	→	20	4	**DTR**

Tabla7. Conexión para cable DTE-DCE

3.2.2 MAX232

El MAX232 es un circuito integrado que se utiliza como interface en aplicaciones donde los ±12V necesarios para la comunicación por medio de RS232 no están disponibles. En la siguiente figura se muestra el diagrama de pines:

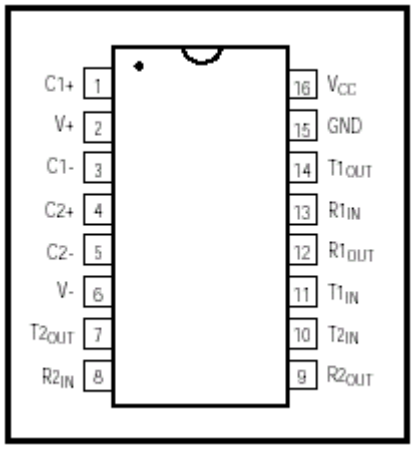


Figura 14. Diagrama de pines de MAX232

Entre las características que posee están:

- Rango de voltaje de alimentación -0.3V a +6V
- El voltaje de salida RS-232 (en T1OUT y T2OUT) típicamente oscila entre ±8V
- El máximo voltaje de entrada RS-232 que soporta es de ±30V (en R1IN y R2IN)
- Voltaje de entrada (R1OUT y R2OUT) -0.3V a Vcc+0.3V
- Voltaje de entrada (T1IN y T2IN) -0.3V a Vcc-0.3V
- Data rate de transmisión puede ser de 22-200Kbit/seg

3.2.2.1 Funcionamiento

Los pines T1IN, T2IN, R1OUT, R2OUT (11, 10, 12, 9 respectivamente) pueden conectarse a dispositivos ya sea TTL o CMOS.

Entre los pines C1+ , C1- y C2+, C1- debe colocarse un capacitor de 1uF, esto debido a que internamente el MAX232 convierte los +5V de alimentación en ±10V. El capacitor que se coloca en C1 se utiliza para doblar los +5V de entrada en +10V, mientras que el segundo capacitor se encarga de invertir los +10V a -10V. Estos valores se ven en las entradas V+ y V- respectivamente. Estas salidas pueden proveer una pequeña cantidad de potencia por lo que pueden ser utilizadas para alimentar un circuito externo.

Los pines T1IN y T2IN (11, 10) deben conectarse a los pines de transmisión del dispositivo TTL/CMOS y los pines TOUT1 y T2OUT (14 y 7) al puerto RS-232 . Cuando una de las entradas TTL/CMOS (T1IN, T2IN) se pone en bajo, a la salida (T1OUT, T2OUT) habrán +8V lo que corresponde a cero lógico en RS-232, en cambio si la entrada se pone en alto a la salida habrán -8V.

Del mismo modo trabajan los pines de recepción, R1IN y R2IN se conectan al puerto RS-232 y sus salidas R1OUT y R2OUT se conectan al dispositivo TTL/CMOS. Si a la entrada de uno de estos hay un cero lógico (+15V) en su respectiva salida habrán 0V, mientras que si se presenta un uno lógico (-15V) en una de estas entradas a la salida habrían +5V.

3.2.3 CONEXION MICROCONTROLADOR-MAX232

El PIC16F877A posee un puerto USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmiter Serial Communication Interface) o SCI(Serial Communication Interface), el cual se utiliza más comúnmente para comunicar al microcontrolador con otros dispositivos usando el protocolo RS-232.

Este puerto puede trabajar ya sea de forma síncrona o asíncrona. Cuando trabaja de forma síncrona utiliza un reloj y líneas de datos, mientras que en forma asíncrona no utiliza reloj, solamente trabaja con dos líneas, una para transmisión y otra para recepción.

Debido a que el PIC16F877A no genera los niveles adecuados de voltaje para trabajar con el protocolo RS-232 se conecta entre este y el puerto el MAX232 el cual como se mencionó anteriormente se encarga de convertir los niveles generados por el microcontrolador en niveles para RS-232 y viceversa.

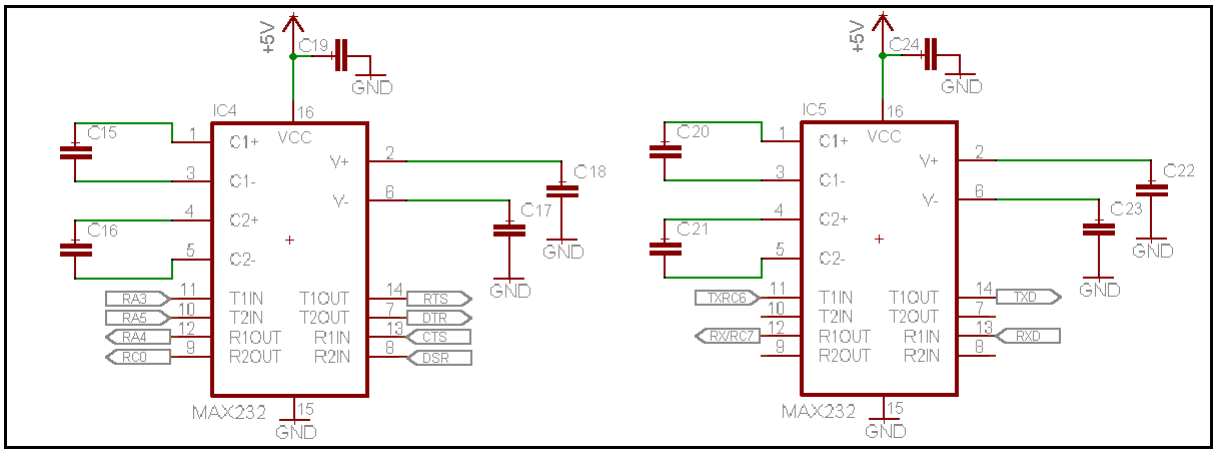


Figura 15. Conexión de MAX232

Debido a que el control de flujo se realiza por hardware se hace necesario utilizar líneas adicionales. El puerto USART solo provee las líneas TX y RX utilizadas para la transmisión y la recepción, las línas para RTS, CTS, DTR y DSR que corresponden a las líneas de control de flujo se toman de otros puertos:

- RTS → RA3
- CTS → RA4
- DTR → RA5
- DSR → RC0

3.2.4 ENVIO DE CONSUMO MENSUAL

Una de las funciones del microcontrolador consiste en enviar el valor acumulado de energía al modem.

Anteriormente se explicó como el programa se encuentra verificando continuamente la fecha y hora, cuando esta coincide con el primer día del mes a las cero horas con 01 minutos el microcontrolador procede a leer el valor de consumo registrado hasta la fecha y lo actualiza en la pantalla para después iniciar un nuevo conteo.

Luego de actualizar la pantalla LCD el PIC16F877A procede a enviar los datos que serán transmitidos por el modem a través de un mensaje de texto (SMS).

Para el envío del mensaje de texto se realiza el siguiente proceso:

1. Se envía un comando +CMGF. Por medio de este se selecciona el formato del mensaje, el formato puede ser de dos tipos modo texto o modo PDU. En modo PDU el mensaje es dado en formato hexadecimal, mientras que en modo texto todos los comandos y respuestas son en ASCII. En este caso se selecciona el modo texto
2. Se envía un comando +CMGS indicando él numero telefónico de destino del mensaje que será enviado.

   Como respuesta a este comando el modem envía la siguiente respuesta:

   <CR><LF>> <CR><LF>

   el caracter > indica que el modem está listo para recibir el texto del mensaje a enviar.
3. Cuando se ha finalizado el mensaje debe digitarse <ctrl-Z> (o enviar el ASCII 26). Y el mensaje será automáticamente enviado por el modem a su destino.

4.CANAL DE COMUNICACIÓN

Puesto que la tecnológia a utilizar para obtener las lecturas del medidor es la tecnología GSM en el presente apartado se pretende explicar un poco sobre sus origenes y su estructura.

4.1 HISTORIA

Mientras que el negocio llegaba a ser cada vez más internacional, el filo de la industria de las comunicaciones se centró en soluciones celulares exclusivamente locales, y ninguno era remotamente compatible con cualquiera de los otros existentes: NMT1 450 en los países nórdicos, TACS2 en el Reino Unido, C-Netz en República Federal de Alemania, Radiocom 2000 en Francia y RTMI/RTMS en Italia. Estos sistemas permitían la comunicación localmente pero no permitían el poder realizar llamadas hacia otras operadoras de países vecinos debido a las diferentes tecnologías que utilizaban. Sin embargo, estaba claro que habría una demanda de extensión para una tecnología que facilitó comunicaciones móviles flexibles y confiables. Pero ésta, en sí mismo era una bomba de tiempo potencialmente mortal que amenazó la durabilidad de las redes celulares de primera generación; el problema era la capacidad o la carencia de ella. Pronto llegó a ser obvio que para los años 90 las redes análogas dispares se derrumbarían bajo la presión de la demanda.

En 1985, el crecimiento del compromiso de solución de la crisis llegó a ser evidente cuando la República Federal de Alemania, Francia e Italia firmaron un acuerdo para el desarrollo de GSM. El Reino Unido agregó su nombre al acuerdo el año siguiente. Por este tiempo, el Groupe Speciale Mobile de CEPT podría discutir persuasivamente que los estándares que desarrollaban llevaran a cabo la llave a la solución técnica y económicamente viable. Desde el comienzo, se tenía en mente que en el nuevo estándar era probable emplear tecnología digital en lugar de tecnología análoga y funcionar en la banda de frecuencia 900MHz.
La tecnología digital ofreció una combinación atractiva, el funcionamiento y eficacia espectral.
Es decir, proporcionaría la transmisión de alta calidad y permitiría a más usuarios utilizar

simultáneamente la banda de radio limitada disponible. Además, tal sistema permitiría el desarrollo de características avanzadas como seguridad en las conversaciones y de comunicación de datos. Yendo por el camino digital, también sería posible emplear una escala muy grande de tecnología integrada del silicio.

Los microteléfonos podían ser más baratos y más pequeños. También permitirían introducir los primeros terminales hand-held , aun cuando en los comienzos en términos de tamaño y peso estos serían similares a un ladrillo.

Una de las características definitorias de cualquier revolución es que, no obstante se planean cuidadosamente, nadie puede realmente estar seguro a donde conducirán. Una característica inesperada de la nueva industria móvil era que llevó las semillas de la liberalización del mercado entero de las telecomunicaciones. Irónico, detrás de 1987 solamente dos de los miembros originales de GSM MoU no eran monopolios controlados por el estado. Hoy, la mayoría de los miembros son operadores independientes.

La competición ha desempeñado un papel importante en el éxito de GSM.

Los nuevos operadores trajeron habilidades frescas de la comercialización y un acercamiento más comercial la cuál había sido hasta ahora algo desconocido. Los titulares tuvieron que moverse rápidamente para que siguieran siendo competitivos. Con algunos países teniendo una opción de dos o aún tres operadores de GSM, las tarifas fueron forzadas a bajar y el consumidor gozó de estándares de calidad y de servicio al cliente.

GSM era un sistema previsto para asegurarse de que europeos podrían comunicarse en su continente (Roaming) y utilizar su teléfono donde quiera que viajaran.

Entonces a la larga vinieron los australianos. Cuando en 1992 Telstra firmó con el MoU, era la primera indicación que la energía y la flexibilidad de GSM tenían potencial verdadero en el mercado global. En apenas cuatro años, la red GSM de la compañía tenía más de 1 millón de suscriptores.

La tendencia mundial hacia la desregulación y la liberalización de telecomunicaciones significó que un anfitrión de nuevos jugadores se incorporaba, el mercado móvil.

La especificación GSM era una característica rica y ofreció una gama de servicios que

permitirían a nuevos operadores distinguirse de sus rivales. Y en el corazón de la tendencia hacia GSM la ventaja era su capacidad para comunicarse globalmente. En resumen, el mundo estaba listo para GSM.

Solamente algunos años después de que Telstra había firmado con GSM se habían ampliado más allá de Europa y de Australia, estableciendo una presencia en las áreas tan diversas como la India, África, Asia y el mundo árabe.

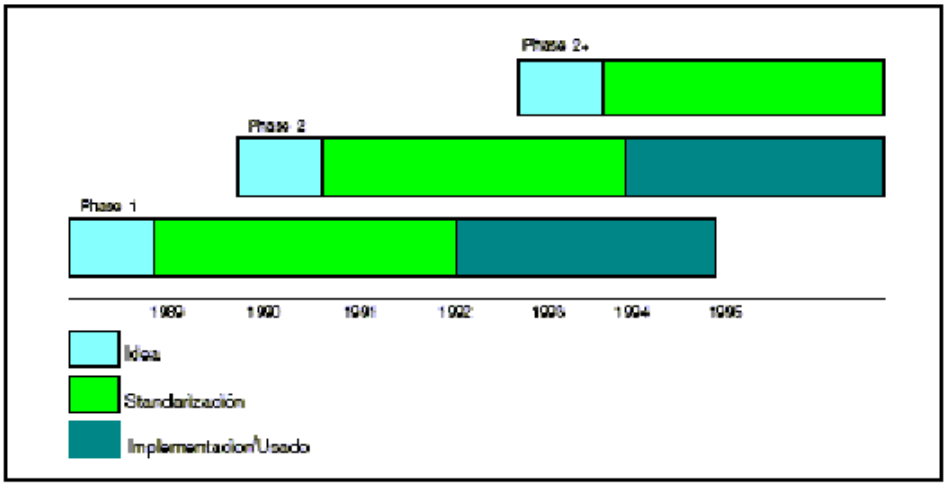
4.1.1 FASES DE GSM

A finales de los 80, los grupos involucrados en el desarrollo del estándar GSM se dieron cuenta que en el tiempo estimado no podrían completar las especificaciones para el rango entero de los servicios y características de GSM que fueron originalmente planeadas. Debido a esto, se decidió que GSM seria lanzado en fases, con la fase 1.

Consistiendo en un grupo de servicios y características limitadas.

Cada nueva fase encaja en los nuevos servicios ofrecidos por fases ya existentes.

Figura 16. Fases GSM



4.1.1.1 Fase 1

La fase 1 contiene los servicios más comunes incluyendo:

- Telefonía de voz
- Roaming Internacional
- Servicios básicos de fax y datos (a mas de 9.6kbits/s)

- Establecimiento de llamada
- SMS (*Short Message Service*)
- Bloqueo de llamadas

La fase 1 también incorporó características como cifradas y tarjetas de Módulos de Identidad de Suscriptor (SIM). Las especificaciones de la fase 1 entonces fueron cerradas y no pueden ser modificados.

4.1.1.2 Fase 2

Otras características adicionales fueron introducidas en la fase 2 de GSM incluyendo:

- Aviso de carga
- Identificación de Línea de Llamada
- Llamada en espera
- Retención de llamada
- Llamada en conferencia
- Grupos de usuario cerrados
- Capacidad de comunicaciones de datos adicionales

4.1.1.3 Fase 2+

La estandarización de grupos ya había comenzado a definir la siguiente fase, 2+.

El programa de la fase 2+ cubrirá múltiples números de suscriptores y una variedad de características orientadas a los negocios.
Algunas de las características ofrecidas por la fase 2+ son:

- Perfiles de servicios múltiples
- Planes de numeración privados
- Interrelación con los estándares GSM 1800, GSM 1900 y DECT1

Las prioridades e itinerarios para nuevas características y funciones dependen primordialmente en el interés mostrado por compañías operadoras, fabricantes y desarrollos técnicos en áreas relacionadas.

4.2 COMPONENTES DE RED GSM

La red GSM esta dividida en tres sistemas. Cada uno de estos sistemas comprende un número de unidades funcionales las cuales son componentes individuales de la red móvil. Estos sistemas son:

- Sistema de Conmutación (*SS, Switching System*)
- Sistema de Estación Base (*BSS, Base Station System*)
- Sistemas de operación y soporte *(OSS, Operation and Support System)*

Como todas las redes de telecomunicación, las redes GSM son operadas, mantenidas y administradas desde centros computarizados.

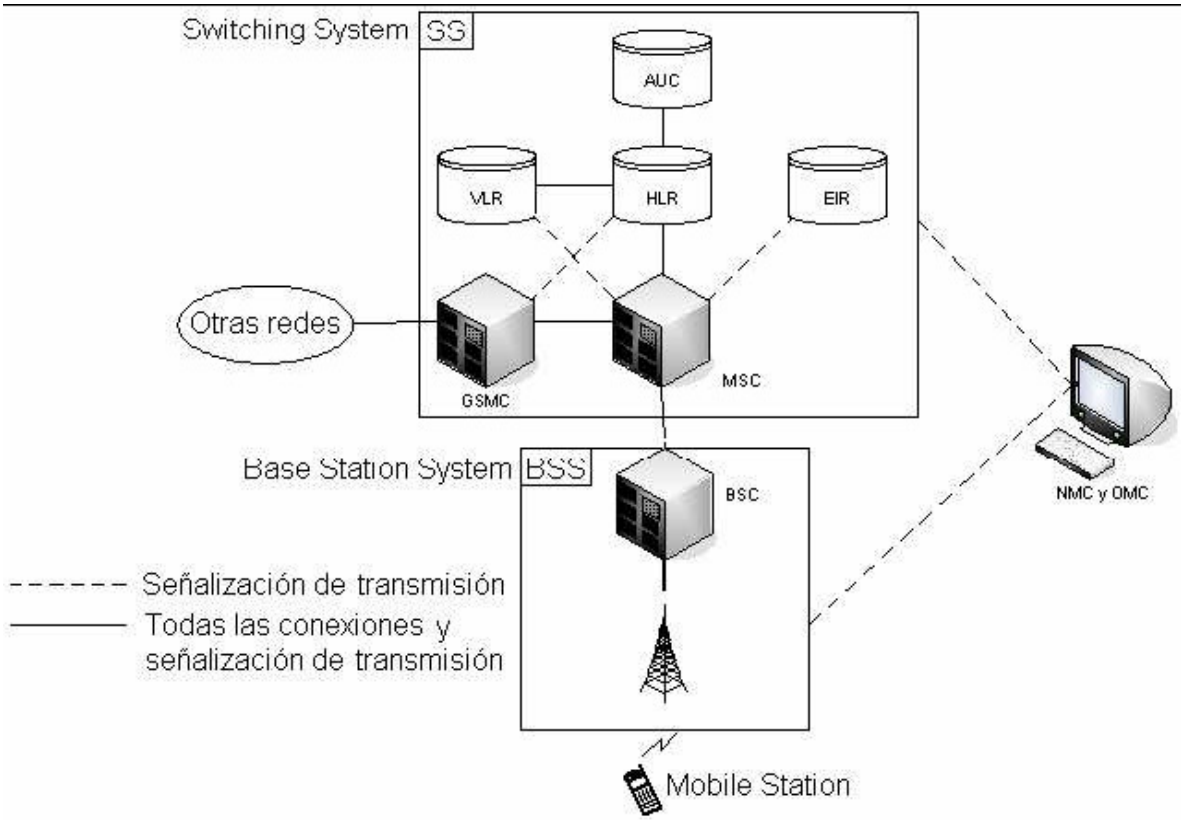


Figura 17. Arquitectura de la red GSM

4.2.1 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

El sistema de conmutación (SS) es responsable de la realización del procesamiento de la llamada y de las funciones relacionadas al suscriptor.

Esto incluye las siguientes unidades funcionales:

- *Mobile services Swithching Center (MSC):* Realiza las operaciones de conmutación de llamadas. Controla las llamadas desde y hasta otros teléfonos y sistemas de datos, también realiza operaciones de interfaz con otras redes.
- *Home Location Register (HLR)*: Es una base de datos utilizada para guardar y manejar información sobre los suscriptores, como el perfil del suscriptor, información de localización, reporte de actividades. El HLR es considerada la base de datos más importante.
- *Visitor Location Register (VLR)*: Es una base de datos que contiene información temporal

de suscriptores visitantes, esta información es utilizada por el MSC. Cuando se detecta una nueva terminal móvil el VLR solicita información sobre dicha terminal al HLR, de forma que si la terminal desea hacer una llamada el VLR tendrá la información necesaria para establecer la llamada sin necesidad de estar solicitando información al HLR continuamente.

- *Authentication Center (AUC):*Provee los parámetros de cifrado y autenticación para verificar la identidad del usuario y asegurar la confidencialidad de cada llamada.
- *Equipment Identity Register (EIR):*Es una base de datos que contiene información acerca de la identidad de los equipos móviles con el fin de prevenir llamadas desde unidades robadas, no autorizadas o unidades defectuosas.

La BSS ejecuta todas las funciones de radio relacionadas.
La BSS comprende las siguientes unidades funcionales:

- *Base Station Controller (BSC)*: Se encarga de controlar las funciones y los enlaces entre el MSC y el BTS.
- *Base Transceiver Station (BTS)*: Maneja los radio enlaces de la estación móvil. El BTS esta equipado con transceptores y antenas.

El *OMC* (*Operation and Maintenance Center*) ejecuta todas las operaciones de mantenimiento para la red tales como: monitoreo del tráfico de la red y las alarmas de a red. La implementación de OMC es llamada sistema de soporte y operación (OSS), y es la entidad desde la cual el operador de la red monitorea y controla el sistema.
El OMC posee acceso tanto al SS como al BSS.

La *MS* (*Mobile Stations*) consiste en el terminal y la tarjeta SIM (*Subscriber Identity Mobile*)., El terminal se identifica por medio de la identidad de equipo móvil (IMEI=*International Movil Equipment Identity*) . La tarjeta SIM contiene la identidad de suscriptor (IMSI = *International Movil Subscriber Identity*) la cual es utilizada para identificar al suscriptor en el sistema, además utiliza una clave secreta para autenticación.

Características de GSM:

- Los rangos de frecuencia especificados para GSM son:
  - GSM 850 824-849 MHz
    869-894 MHz
  - GSM 900 880-915 MHz
    925-960 MHz
  - GSM 1800 1710-1785 MHz
    1805-1880 MHz
  - GSM1900 1850 - 1910 MHz
    1930 - 1990 MHz
- Separación entre portadoras de 200KHz
- Utiliza modulación GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying)
- Velocidad de transmisión de 270Kbps
- Método de acceso TDMA/FDMA
- Método de codificación de voz LPC (Linear Predictive Coding).
- Codificación de voz a 13kbps

4.2.2 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

El servicio de mensajes cortos o SMS (por sus siglas en inglés *Short Message Service*) es uno de los servicios ofrecidos por GSM (dentro de los teleservicios), y consiste en el envío o recepción de mensajes de alfanumericos por un estación móvil. Los mensajes pueden tener una longitud de hasta 160 caracteres.

Entre los beneficios que ofrece SMS están:

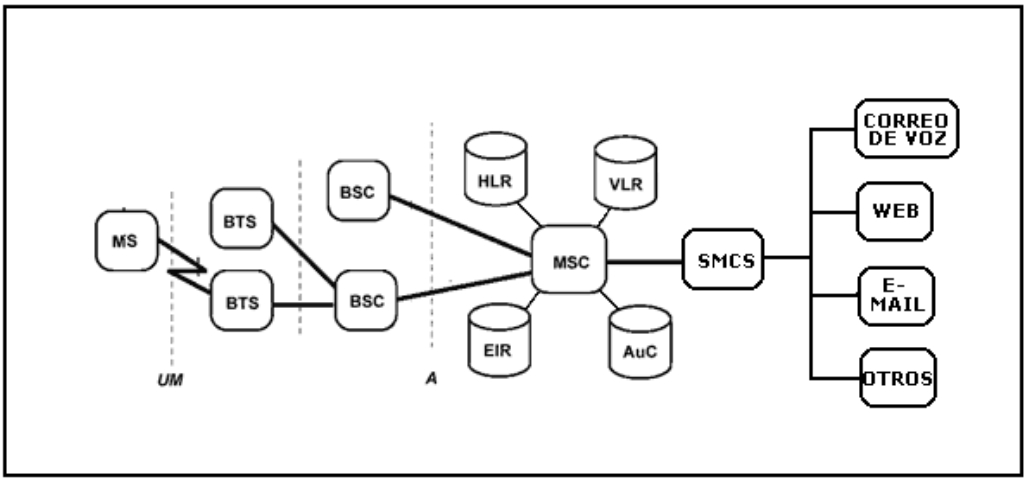
- Es un medio de comunicación de bajo costo
- Garantiza la entrega del mensaje
- Permite la entrega de notificaciones y alertas
- Entrega de mensajes a multiples usuarios a la vez

- Capacidad de recibir diversidad de información
- Creación de grupos de usuarios
- Integración con otras aplicaciones de datos o basados en Internet

Los elementos de la red GSM que están involucrados en este servicio son:

- *Short Message Service Center (SMSC)*: Es una combinación de hardware y software que se encarga de guardar y transmitir el mensaje entre el SME y el dispositivo móvil.
- *Short Message Entity (SME)*: puede estar localizado en una red fija, un dispositivo móvil o algún otro centro de servicio.
- *External Short Messaging Entities (ESME)*: El ESME es un dispositivo que puede enviar o recibir mensajes.

Figura 18. Ubicación de SMSC dentro de la arquietectura de la red GSM



SMS comprende de dos servicios básicos punto a punto:

- Mensaje originado en la estación móvil (Movil Originated Short Message MO-SM)
- Mensaje terminado en la estación móvil (Movil Terminated Short Message MT-SM)

El mensaje originado en la estación móvil es transportado desde el MO hacia el SMSC y puede ser destinado a otros suscriptores móviles o de red fija. El mensaje terminado en la estación móvil es transportado desde el SMSC a esta.

Cuando un mensaje es MT-SM el SMSC recibe un reporte de la estación móvil confimando que el mensaje fue entregado o que hubo fallas en la entrega identificando la falla. Del mismo modo cuando un mensaje es MO-SM un reporte es retornado a la estación móvil confirmado que el mensaje fue entregado al SMSC o reportando una falla en la entrega.

El proceso que se sigue para un mensaje MO-SM es el siguiente:

1. La MS se enciende y registra en la red
2. La MS transfiere el mensaje a el MSC
3. El MSC interroga al VLR para verificar que el mensaje transferido no viola los servicios suplementarios invocados o restricciones impuestas
4. El MSC envia el mensaje al SMSC
5. El SMSC entrega el mensaje corto a el SME (opcionalmente puede recibir un reconocimiento)
6. El SMSC indica al MSC que el resultado de la operación (si se entregó o hubo error)
7. El MSC envía el resultado a al MS

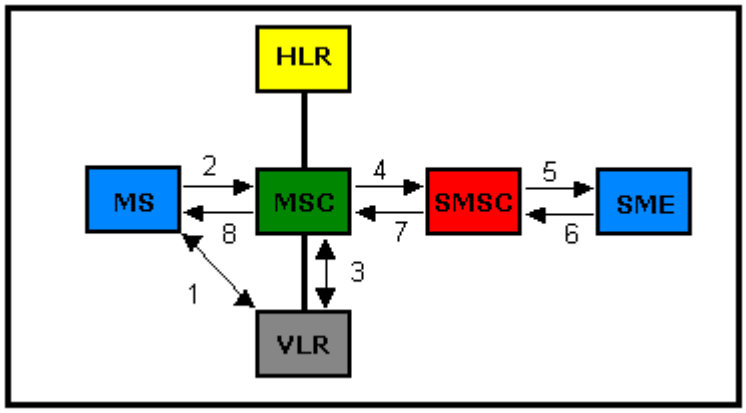


Figura 19. Digrama de bloques para mensaje MO-SM

Para un mensaje MT-SM se sigue el siguiente proceso:

1. El mensaje corto es enviado desde el ESME a el SMSC
2. El SMSC consulta al HLR y recibe la información de ruta para el suscriptor
3. El SMSC envia el mensaje corto al el MSC
4. El MSC recupera la información del suscriptor desde el VLR

5. El MSC trasfiere el mensaje corto a la MS
6. El MSC envía a el SMSC el resultado de la operación
7. Si es solicitado por el ESME el SMSC enviará un reporte indicando el resultado de la entrega del mensaje corto

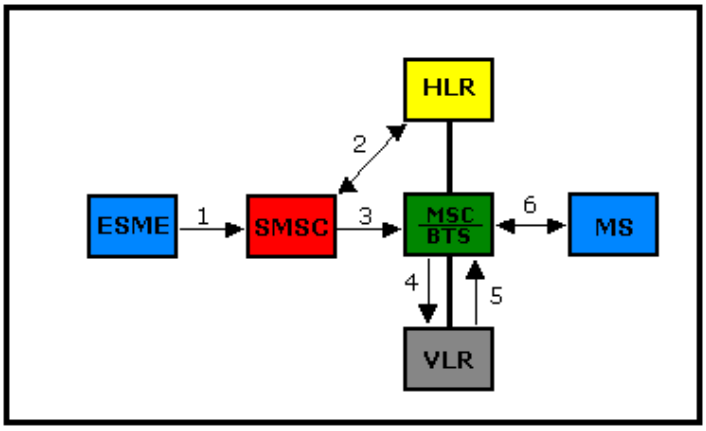


Figura 20. Diagrama de bloques para mensaje MT-SM

El SMSC se encarga de guardar los mensajes cuando un dispositivo no está disponible y lo reenvia hasta que el mensaje logra ser entregado o se alcanza el tiempo de expiración.

5. RECEPCIÓN DE LA LECTURA

El modem envía el valor del consumo registrado por el medidor por medio de un mensaje de texto (SMS).

El mensaje es transmitido por medio de la red GSM. En el otro extremo se encuentra otro modem que es el que se encarga de recibirlo.

El modem se encuentra conectado a una computadora. Se ha elaborado una rutina que se encarga de leer el contenido del mensaje recibido por el modem y de procesarlo. Para ello primero el programa se encarga de inicializar el modem configurando el modo de recepción de los mensajes enviando un comando +CNMI, hecho esto el programa se mantiene en espera de recibir el mensaje. Cuando un mensaje llega es pasado directamente del modem a la computadora, con el siguiente formato:

<CR><LF>+CMT: “+50355555555”,,”06/07/02,21:01:13-06”<CR><LF>:
000200200.00<CR><LF>

Donde los números que están ubicados después de la frase +CMT: corresponden al número de teléfono donde se originó el mensaje, luego siguen la fecha y la hora y por último después de los caracteres <CR><LF> el mensaje. En el mensaje los primeros 5 dígitos corresponden al número del medidor y los últimos cuatro al consumo mensual registrado por dicho medidor.

El programa separa la información y la guarda en variables (número de teléfono, numero de medidor, consumo, fecha y hora). Los valores contenidos en estas variables son mostrados en pantalla (a excepción de la fecha y la hora) y guardados en una base de datos.

Además el programa lleva un control del número de mensajes de texto recibidos y lo muestra en pantalla.

6. SITUACION ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE LECTURA REMOTA (AMR)

Aunque han pasado dos décadas desde que los sistemas de medición automatizada empezaron a implantarse como tales estos todavía no han logrado imponerse de forma significativa en el mercado. Para el tercer trimestre del año 2005 se había registrado que de 150 millones de unidades de medición de electricidad instalados en Estados Unidos y Canadá solo el 29% eran automatizados.[1]

Los sistemas de medición automatizada se iniciaron en Norte América y para el año 2001 el 92.7% de unidades instaladas de este tipo a nivel mundial estaban en Norte América, para el año 2002 este porcentaje se había reducido en un 5% indicio de que está tecnología se estaba volviendo internacional.[2] Aunque a paso lento los sistemas de medición automática

[1] NOSBAUM, LeRoy. ITRON. BEAR STEARNS 15th annual global credit conference. May 16, 2006. <http://library.corporate-ir.net/library/90/903/90341/items/198557/BearStearns051206.pdf>

[2] SCOTT, Howard. AMR is becoming an International Technology. En Metering International. No. 2 (2002).

< http://www.metering.com/archive/022/10_1.htm>

siguen creciendo y se espera que para el año 2010 solo los sistemas de tipo inalámbrico abarquen un poco más del 25% del total de unidades de medición (para gas, agua y electricidad) instaladas a nivel mundial.

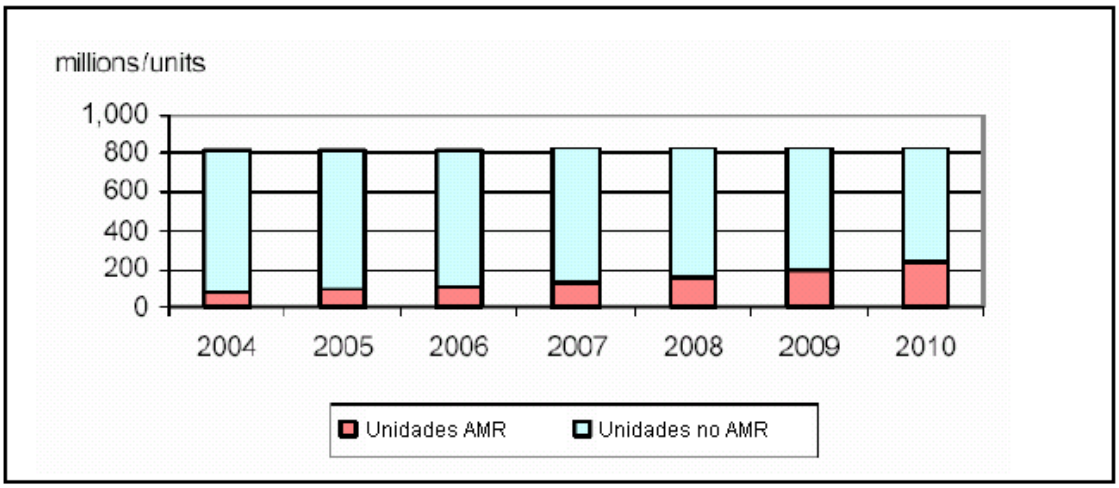


Figura 21. Medidores AMR (inalámbricos) instalados a nivel mundial[3]

6.1 TECNOLOGIAS DE COMUNICACIÓN PARA SISTEMAS AMR

Para transferir los datos desde el medidor hasta el sistema que se encarga de procesarlos se necesita de un canal de comunicación. Actualmente hay una variedad de opciones que pueden utilizarse para este propósito, entre estás están:

RED TELEFONICA (PSTN)

Hay dos formas para establecer la comunicación y la transferencia de la información en los sistemas AMR. Uno consiste en que el equipo que se encarga de la recolección de los datos inicie la comunicación con el medidor de electricidad (cliente). El otro método consiste en que el medidor es el que se encarga de realizar el llamado para el inicio de la comunicación en la hora y fecha que ha sido programado en la memoria de este.

Una de las ventajas que involucra la línea telefónica es que la mayor parte de usuarios de

[3] RFM RF Monolithics, Inc. Automatic Meter Reading. <http://www.wirelessis.com/WirelessAMR.pdf>

electricidad poseen servicio telefónico, por lo que los costos de instalación se reducen.

CABLE / ADSL

Utiliza la línea de cable de televisión para transmitir datos. Puede ser una opción costosa debido a que en muchos lugares no toda la población tiene acceso a este servicio y en otros los sistemas de cable no están configurados para pasar señales desde la ubicación del suscriptor hasta la central por lo que se debe de reconfigurar todo el sistema con un ancho de banda bidireccional, amplificadores y taps interactivos.

LÍNEA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO (PLC, Power Line Communication)

Este tipo de tecnología transforma en una red de comunicación las líneas de suministro eléctrico, superponiendo una señal de alta frecuencia (que es la que contiene la información) a la señal de AC. Para mantener separadas ambas señales se trabaja con un rango de frecuencia alejado del de la onda de potencia (60Hz en el caso de América y 50Hz en el caso de Europa)

Para aplicaciones de banda angosta se utilizan frecuencias que van desde los 3 a los 148.5Khz y para aplicaciones de banda ancha de1 a 30 MHz.

La ventaja de este sistema es que se puede trabajar sobre la misma red de distribución, por lo que es una solución efectiva y de bajo costo.

Este sistema requiere de un nodo para cada subestación/transformador. Este sistema es la mejor solución para aquellos lugares donde no hay red telefónica fija ni cobertura para red celular.

RADIO FRECUENCIA (RF)

La tecnología RF puede trabajar en base a dos bandas de frecuencia: banda licenciada y no licenciada. Los sistemas licenciados operan sobre grandes distancias pero requieren que el usuario pague por el uso de este cada año. El sistema no licenciado en los Estados Unidos opera en la banda 902-928 MHz siendo esta la más popular.

Los sistemas que trabajan en base a RF pueden hacer uso de comunicación bidireccional o en un sentido. Cuando la comunicación es unidireccional sentido nada más es el medidor el

que trasmite la información a un receptor central sin que este último se lo solicite, generalmente el costo de estos sistemas es mas bajos que el bidireccional, los sistemas unidireccionales son ideales para aplicaciones que requieren que se comunique solo información básica.

Los sistemas bidireccionales como su nombre lo implica permiten la comunicación desde el medidor al receptor y viceversa.

Los métodos que se utilizan para recolectar la información en este sistema pueden ser:

- Una persona recolecta los datos por medio de un receptor portátil, este receptor automáticamente lee el dato y lo guarda en la memoria, para ello debe estar próximo al medidor
- Se equipa un vehículo con un receptor, el vehículo debe manejarse a una velocidad de 25-35mph en la ruta donde se tomaran las lecturas, cuando el vehículo esta dentro del rango del medidor este recibe y procesa la lectura. En algunos sistemas el equipo receptor solicita al medidor los datos mientras que en otros no.
- Red Fija, se monta una unidad de procesamiento que captura el dato en una torre. Este método de recolección es mas conveniente para zonas más densamente pobladas o en un sitio con muchas unidades, estas redes pueden ser de unidireccionales o bidereccionales.

GSM (Global System for Mobile Communication)

La ventaja de utilizar tecnología GSM radica en el hecho que la cobertura es mayor, que la que ofrece la red telefónica.

Hay dos métodos utilizados para la recolección de la información: Llamadas de datos o SMS.

Cuando la recolección de información se hace por medio de llamadas de datos, la computadora que se encarga de recolectar los datos llama al medidor, y cuando la comunicación ha sido establecida intercambian información. La desventaja que posee este tipo de sistema es que la computadora debe comunicarse con muchos medidores y lo hace uno a la vez, conectando, cumunicándose y luego desconectando por lo que toma tiempo poder recolectar todos los datos. Otra desventaja radica en que si la comunicación se corta

debe volver a marcarse, y en áreas donde la red posee muchos usuarios se corre el riesgo que debido a congestionamiento no se puede establecer la llamada.

El segundo método utilizado para recolectar información es por medio de SMS (o mensajes de texto). La ventaja de este método es que no requiere establecer una llamada por lo que el sistema no recibirá los datos uno por uno de cada medidor sino que será capaz de recibir varios SMS lo que reduce el tiempo de recolección, aunque dependiendo del tráfico que pueda manejar la red, puede haber un retardo en la entrega del mensaje. Este método tiene también como ventaja los costos reducidos de un SMS con respecto al precio de una llamada telefónica.

Una desventaja que posee este sistema radica en el costo de los modems los cuales a pesar de que han bajado de precio todavía parecen ser más caros que los modems para red telefónica fija.

GPRS (General Packet Radio Service)

Es una extensión de GSM. Para este caso el medidor debe primero establecer una conexión con el colector, una vez establecido puede comunicar, usualmente utilizando un protocolo Internet. El dispositivo puede responder a comandos emitidos por el colector o depositar un dato usando un protocolo de transferencia de archivo (FTP). Entre las ventajas que posee GPRS están la velocidad de transmisión ya que posee velocidades de transmisión mayores que las que ofrece GSM.

De estas técnologias la más utilizada a nivel global es la de comunicación por radiofrecuencia (RF), seguida por comunicación por linea de potencia (PLC) y en tercer lugar la tecnología celular.

Quizás una de las razones recae sobre el hecho que el mercado de los sistemas AMR esta mayormente en norteamérica y es en norteamerica donde este tipo de tecnología es el mas comercializado. Fuera de Norteamerica son los sistemas PLC los que más dominan.

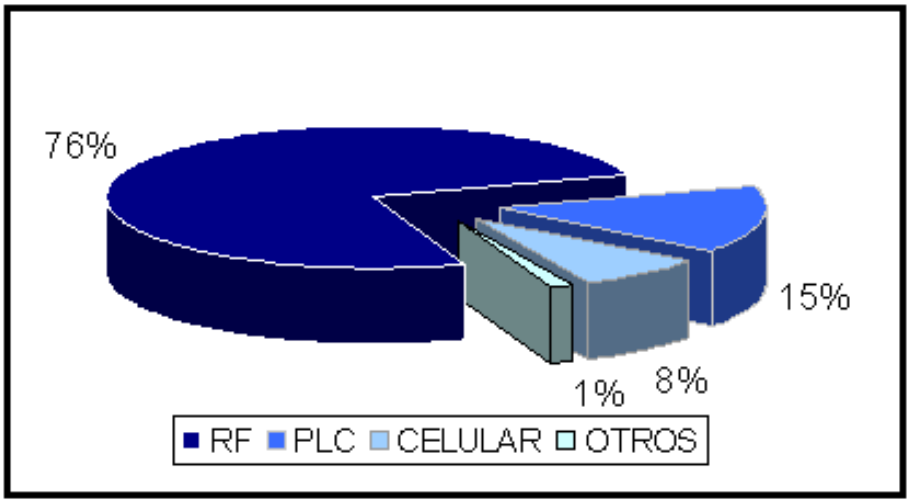


Figura 22. Medidores instalados por tecnología de comunicación[4]

En la siguente tabla se muestran algunos nombres de empresas que han ejecutado o estan de proceso de ejecución de implementación de sistemas de lectura remota de medidores de consumo de energía electrica, además se muestra el tipo de tecnología que utilizan y la cantidad de unidades instaladas.

EMPRESA	UBICACIÓN	TECNOLOGÍA	CANTIDAD	INSTALACIÓN COMPLETADA
Kansas City Power and Light	Estados Unidos	RF	400,000	1996
Duquesne Light	Estados Unidos	RF	580,000	1998
Indianapolis Power and Light	Estados Unidos	RF	470,000	2000
Wisconcin Public Service	Estados Unidos	PLC	650,000	2004
PPL	Estados	PLC	1,300,000	2004

[4]SCOTT, Howard. AMR is becoming an International Technology. En Metering International. No. 2 (2002).

< http://www.metering.com/archive/022/10_1.htm>

EMPRESA	UBICACIÓN	TECNOLOGÍA	CANTIDAD	INSTALACIÓN COMPLETADA
	Unidos			
ENEL	Italia	PLC	30,000,000	2005
PREPA	Puerto Rico	PLC	1,400,000	2006
Suecia	--	PLC	5,200,000	2009
Ontario	Canada	No determinada aún	5,000,000	2010
Victoria	Australia	No determinada aún	2,500,000	2013

Tabla 8. Proyectos ejecutados o en proceso de ejecución de instalación de medidores AMR

6.2 MODELOS DE MEDIDORES DE ELECTRICIDAD EN EL MERCADO

En el mercado hay varias empresas que se encargan de desarrollar medidores para aplicaciones de lectura automática, entre estas están:

- Star Instrument
- Actaris
- Kamstrup
- AMPY
- Neptune
- Landis+Gyr
- Sensus
- Elster
- Itron

Todas estas empresas proveen soluciones para aplicaciones de tipo residencial, comercial o industrial utilizando diferentes tipos de tecnología y ofreciendo diversidad de características en sus medidores.

En el siguiente cuadro se muestran algunos modelos de medidores de tipo residencial que son distribuidos por estas empresas.

DISTRIBUIDOR	MODELO	CARACTERISTICAS	TECNOLOGIA DE COMUNICACIÓN
ELSTER	ALPHA+	• 120V (Monofásico) • 28Kb de memoria para almacenar datos • Mide voltaje, corriente, watts, VA, KWh, KVARh, KVAh, VAR y ángulo de fase. • Posee un puerto óptico • Permite adaptación de puerto RS-232 o RS-485 • Modem interno (Se vende por separado)	PSTN
KAMSTRUP	Kamstrup 162	• 120V (monofásico) • Corriente máxima 65 A • Display LCD de 11 caracteres • 1000 imp/kWh • Mide kWh y potencia acumulada • Puerto optico • Puerto RS-232 • MODEM externo	Según el MODEM adaptado puede trabaja con GSM, PLC o PSTN
STAR INSTRUMENT	DDS26D	• 120V (monofásico) • Corriente máxima 60 A • Display LCD, 6 enteros • 1600imp/kWh • Mide kWh • MODEM externo	RF
	DDSI26	• 120V (monofásico)	PLC

DISTRIBUIDOR	MODELO	CARACTERISTICAS	TECNOLOGIA DE COMUNICACIÓN
		• Corriente máxima 60 A • Display LCD, 6 enteros • 1600imp/kWh • Mide kWh • MODEM externo	
ACTARIS	ACE4000	• 240V (polifásico) • Corriente máxima 100 A • Posee un reloj en tiempo real • Mide consumo en kWh • Display LCD de 8 digitos • Posee un puerto óptico que trabaja con velocidad de 9600bps • Modem interno • Soporta SMS	GSM/GPRS
	SL7000	• 110 V (Polifásico) • Corriente máxima 120 A • Posee un reloj en tiempo real • Mide voltaje, corriente, watts, VA, KWh, KVARh, KVAh, VAR, ángulo de fase y Factor de Potencia • Pantalla LCD • Puerto óptico • Permite la incorporación de un puerto RS-232 o RS-485 • Modem externo	Según el modem adaptado puede trabajar con PSTN, GSM o LAN

Tabla 9. Modelos de contadores disponibles en el mercado

6.2.1 PRECIOS

Los costos de los medidores pueden variar dependiendo de varios factores, entre estos están:

- El tipo de aplicación, si esta es residencial, comercio o industrial
- Opciones que puede incorporar por ejemplo medición de potencia, energía, corriente y voltajes RMS, Factor de potencia, ángulo de fase etc.
- Las opciones de interface que incluyan como puertos ópticos o seriales
- Si la opción de comunicación (modem) es interna o externa al dispositivo

Se investigaron los precios de algunos de estos productos con el fin de generar una idea del costo aproximado que se debe pagar por un medidor de este tipo.

Electro Industries es un proveedor de medidores para aplicaciones de tipo comercial e industrial. Entre sus productos se encuentran los modelos Shark100 y Nexus 1265, los costos para cada uno de estos modelos son:

Shark100	…….	US$630.00
Nexus1262	…….	US$3600.00

(modem de comunicación incorporado)

En el caso de los medidores de tipo residencial se encontraron las siguientes opciones:

- Actaris con su modelo SL7000 presentaba los siguientes precios:

Costo del medidor	…….	US$300.00
Costo del modem (tipo GSM/GPRS)	…….	US$250.00
Total	…….	US$550.00

-
-
- Elster con su modelo ALPHA+ ofrece un precio individual de:

Costo del medidor	…….	US$370.00

Costo del modem (tipo PSTN)	…….	US$600.00
Total	…….	US$970.00

7. METODO DE LECTURA DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SALVADOR

En El Salvador el proceso de toma de lecturas consiste en asignar a una persona una zona determinada (esta puede ser urbana o rural). La lectura se toma haciendo uso de binoculares, y el dato registrado se guarda en un terminal portátil junto con el número del medidor.
Las mediciones recolectadas se descargan en una computadora que se encuentra en una oficina regional, dicha computadora se encuentra conectada a la red de la empresa.
Es el departamento de facturación (ubicado en las oficinas centrales) el que se encarga de procesar por bloques la información recolectada ubicándola en el formato de los recibos.

Según la zona visitada así será el número de casas que un lector verá en un día, si es zona rural se pueden visitar hasta 40 casas diarias mientras que si es zona urbana se pueden ver hasta 1000 casas al día. Las personas encargadas de realizar las lecturas tienen en promedio 15 días para recolectar la información.

Costos del medidor

Los costos de instalación de medidor dependerán del valor de la casa. Esto lo determina la distribuidora por medio de una inspección. Si el valor de la propiedad es menor a $1200.00 dólares el cliente debe cancelar un monto de $81.93, si el valor de la propiedad fuese mayor se debe cancelar un costo de $100.92.
Para zonas rurales o comunidades dependiendo de los resultados que arroje el estudio realizado por la empresa los precios anteriormente mencionados pueden reducirse.

La implementación de este tipo de tecnología se puede ver desde dos puntos de vista, el de la compañía distribuidora y el del usuario.

Anteriormente se expuso el proceso para realizar las lecturas de los contadores, un empleado tiene en promedio 15 días para recolectar todas las mediciones correspondientes a la zona que tiene bajo su cargo. Una persona puede ganar aproximadamente $310.00 efectuando este trabajo, si esta se dedicara solamente a tomar lecturas en una zona urbana (asumiendo que puede leer como máximo hasta 1000 contadores al día y trabaja por 15 días) se tendría un costo por medición de aproximadamente $0.021 centavos por medición, mientras que si se dedicara a tomar lecturas solamente en una zona rural se tendría un costo de $0.52 centavos por medición.

Puede observarse que el costo por lectura es mayor en la zona rural que la urbana. Si se implementara un sistema de lecturas por medio de SMS (sabiendo que el costo por mensaje de texto esta entre los $0.02 y los $0.03 centavos) la empresa podría ahorrar hasta $0.50 centavos por lectura realizada en la zona rural, para el caso de la zona urbana el costo podría no variar (o incrementar el costo en $0.01 centavos) por lectura a menos que la empresa que ofrece el servicio de telefonía aplique una tarifa especial de modo que las lecturas por SMS tengan un costo menor a los $0.02 centavos.

Asumiendo que lo anterior se cumpliera entonces la implementación de un sistema de lectura automatizada por parte de una distribuidora de electricidad traería ciertos beneficios debido a la reducción de los costos en las lecturas.

Por el contrario en el caso del usuario la implementación de un sistema de lectura automatizada está muy alejada de la realidad, si se hace referencia a los costos de los medidores de este tipo que se expuso anteriormente el precio que pagaría el usuario sería de 5 a 10 veces de lo que paga por un medidor convencional.

Los sistemas de tipo AMR se están abriendo paso en el mercado y con el paso de los años cobrarán más fuerza, aunque actualmente sigue siendo una tecnología cara debe recordarse el caso de las computadoras y los teléfonos celulares los cuales hace unos años eran de costo

muy elevado y solo eran tecnologías accesibles a ciertos grupos de la población, por el momento la implementación de estos sistemas en el país son una idea poco realista pero es muy probable que en cuestión de años si pueda lograrse.

CONCLUSIONES

- El sistema ofrece una mayor seguridad en la toma de la lectura, debido a que se reduce el riesgo de errores que puede cometer la persona ya sea al momento de leer la cantidad o de digitarla. Además reduce el riesgo por fraudes que puedan ser cometidos por el usuario o por el encargado de realizar las mediciones.

- Permite realizar lecturas en menor tiempo debido a que el dato es directamente transmitido desde el contador hasta la unidad recolectora sin necesidad de esperar a que la persona encargada de tomar las lecturas se traslade hasta la zona, tome los valores y regrese a entregar la información.

- Evita que la persona se someta a riesgos innecesarios tales como entrar a áreas de difícil acceso o de alta criminalidad.

- El costo por lectura es más bajo cuando es por medio de un mensaje de texto (SMS) que cuando es realizado por una persona. Esta diferencia de precios se vuelve mayor para la zona rural.

- La lectura por medio de mensajes de texto tiene como ventaja la seguridad en la entrega de este ya que si el receptor no esta disponible o está ocupado el mensaje queda almacenado en espera de ser entregado, no se pierde.

- El tiempo que toma un mensaje de texto (SMS) en llegar desde su punto de origen (medidor) hasta su destino puede ser afectado por un pequeño retraso que puede deberse a los procesos de interconexión o a la cantidad de mensajes que pueden estar en cola esperando por ser enviados y la prioridad que estos tengan.

- El contador elaborado tiene un costo más bajo comparado con los del mismo tipo existentes en el mercado. Aunque el costo del medidor junto con el modem todavía no

es lo suficientemente accesible para la población.

- El circuito que maneja el contador toma su alimentación de las líneas de distribución por lo que si hay un corte de energía el contador perdería la información almacenada hasta ese momento (incluyendo la configuración del reloj), debido a esto se incluyó una batería de reserva que evitaría esta situación.

DEBILIDADES DEL SISTEMA (MEDIDOR-MODEM).

En este apartado se da a conocer las situaciones por las cuales el sistema puede presentar fallas.

Si la comunicación serial presentara problemas que puede ser provocado por a algún daño en la interface serial o en cable no habría comunicación entre el medidor y el modem, entonces el medidor únicamente podría actualizar la pantalla LCD. Debido a esto no se enviaría el mensaje de texto con el valor registrado y además el medidor no procedería a inicializar los registros ni a iniciar un nuevo conteo debido a que se quedaría estancado en la rutina de configuración del modem, esperando una respuesta por parte de este al enviarle el primer comando.
Otro motivo por el cual podrían haber dificultades es que se pierda la alimentación del modem. Cuando esto sucede presentará el mismo problema explicado anteriormente, nuevamente se pierde el envió del mensaje con el consumo mensual de energía y no inicializará una nueva cuenta.

Ante cualquiera de estos dos problemas se tendría que resetear el medidor para que se pueda inicializar el programa de medición y pueda tenerse un nuevo conteo (nueva medición de energía).

RECOMENDACIONES

- Con respecto al funcionamiento del medidor se recomiendan como posibles soluciones al problema descrito en apartado anterior que se agregue una batería al modem la cual permitirá que este se mantenga funcionando aunque se pierda la alimentación de la línea de distribución, o que se incorpore una rutina dentro del programa que se encargue de monitorear la respuesta del modem durante un tiempo determinado, si este finaliza y no se ha recibido respuesta, entonces el programa suspendería la comunicación con el modem y continuaría con el funcionamiento normal.

- Para el prototipo se coloco como fuente de respaldo 3 baterías de Litio de 3V cada una, haciendo un total de 9V. Puede colocarse otro tipo de batería, el único requisito que debe cumplirse es que el valor de está no debe ser menor a 7V.

- Entre las mejoras que se pueden realizar al sistema esta la implementación de una rutina que lea los registros de voltaje, corriente y potencia del CS5460A procese los valores y los muestre en pantalla cada cierto tiempo.
  Además puede agregarse una pantalla LCD más grande que permita mostrar más datos como por ejemplo el número del medidor o la hora y fecha.

BIBLIOGRAFIA

- HOJA TECNICA DE CS5460A
  http://www.cirrus.com/en/pubs/proDatasheet/CS5460A_F2.pdf
  Última visita: Octubre de 2005
- HOJA TECNICA DE DS1302
  http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/DS1302.pdf
  Ultima visita: Diciembre 2005
- HOJA TECNICA DE PIC16F877A
  http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf
  Ultima visita: Octubre 2005
- HOJA TECNICA DE DISPLAY
  http://instruct1.cit.cornell.edu/courses/ee476/labs/s1999/rcm2034r.pdf
  Ultima visita: Diciembre 2005
- AUTOMATIC METER READING
  http://www.metering.com/archive/972/11_1.htm
  Ultima visita: Mayo 2006
- HOJA TECNICA DE MAX232
  http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/MAX220-MAX249.pdf
  Ultima visita: Mayo 2006
- RS-232 - OVERVIEW OF RS-232 STANDARD
  http://www.hw-server.com/rs232#max232
  Ultima visita: Junio 2006
- RS232 DATA INTERFACE- A TUTORIAL ON DATA INTERFACE AND CABLES
  http://www.arcelect.com/rs232.htm
  Ultima visita: Mayo 2006
- AN774. ASYNCHRONOUS COMMUNICATIONS WITH THE PICMICRO® USART
  http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00774a.pdf
  Ultima visita: Diciembre 2006

- GLOBAL SYSTEM FOR MOBILE COMMUNICATION (GSM)
  http://www.iec.org/online/tutorials/gsm/index.html
  Ultima visita: Junio 2006
- WIRELESS SHORT MESSAGE SERVICE (SMS)
  http://www.iec.org/online/tutorials/wire_sms/index.html
  Ultima visita: Junio 2006
- AUTOMATED METER READING
  http://www.wirelessis.com/WirelessAMR.pdf
  Ultima visita: Mayo 2006
- ITRON. BEAR STEARNS 15TH ANNUAL GLOBAL CREDIT CONFERENCE. MAY 16, 2006
  http://library.corporate-ir.net/library/90/903/90341/items/198557/BearStearns051206.pdf
  Ultima visita: Junio 2006
- AMR IS BECOMING AN INTERNATIONAL TECHNOLOGY
  http://www.metering.com/archive/022/10_1.htm
  Ultima visita: Junio 2006
- AUTOMATED METER MANAGEMENT. THE FUTURE HAS ALREADY STARTED
  http://www.westminsterenergy.org/events_archive/downloads/051102/WEF_Nov_2_Sawyer.pdf
  Ultima visita: Mayo 2006

HOJAS TECNICAS DE MEDIDORES

- ALPHA Plus® Meter
  http://www.elstermetering.com/products/files/ALPHA_Plus_meter_data_sheet.pdf
  Ultima visita: Marzo 2006
- KAMSTRUP 162
  http://www.kamstrup.com/contents/tech_info/data_sheets/5810-396gb.pdf
  Ultima visita: Marzo 2006

- DDS26D SINGLE-PHASE ELECTRONIC RADIO-COMMUNICATED WATT-HOUR METER

  http://www.szstar.com/english/spjj.asp?id=184

  Ultima visita: Junio 2006
- DDSI26 CARRIER WAVE ENERGY METER

  http://www.szstar.com/english/spjj.asp?id=185

  Ultima visita: Junio 2006
- SL7000

  http://www.actaris.com/html/index.php?module=actaris&func=viewmedia&idmp=4293

  Ultima visita: Junio 2006
- ACE4000 GPRS

  http://www.actaris.com/html/index.php?module=actaris&func=viewmedia&idmp=4958

  Ultima visita: Junio 2006

APENDICE A

DATOS TECNICOS Y COSTOS DE MEDIDOR

MEDIDOR DE ENERGÍA

DATOS TECNICOS

Voltaje de operación	120 V
Máxima Corriente	100 A
Frecuencia	60Hz
Constante de contador	100 pulsos/kWh
Rango de medición de energía	0 – 9999.99 kWh
Display	4 dígitos + 2 decimales
	4 dígitos +2 decimales
Inteface	Puerto serial RS-232
	Velocidad 9600 bps
	Tipo de conector DB9 (macho)
Reloj en tiempo real	Formato
	AA/MM/DD
	hh:mm:ss
Instalación	Bajo techo

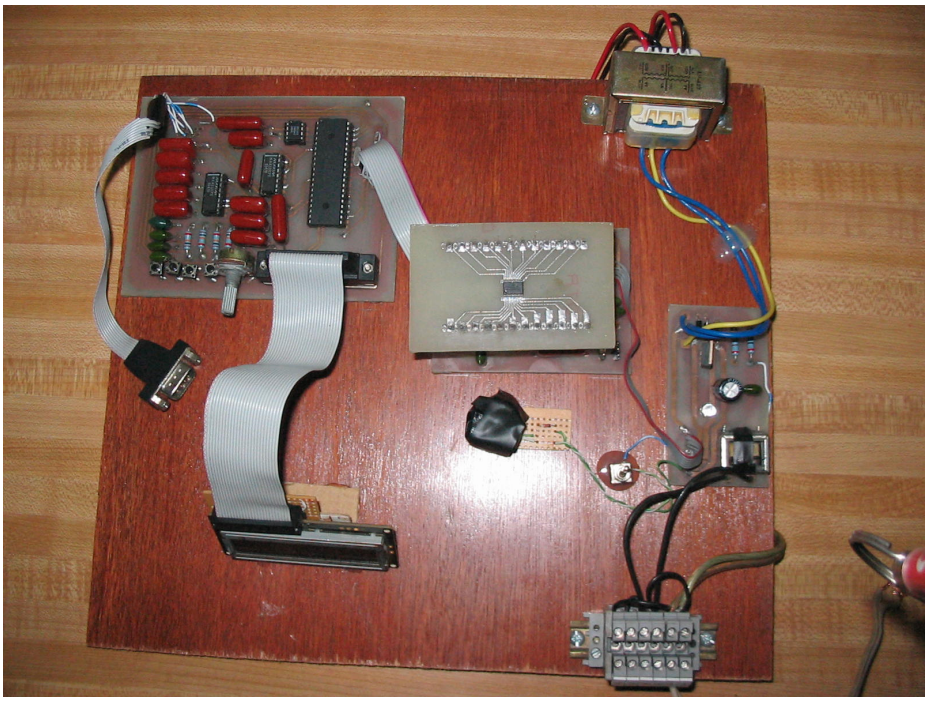


FIGURA A-1 Vista de los componentes del medidor

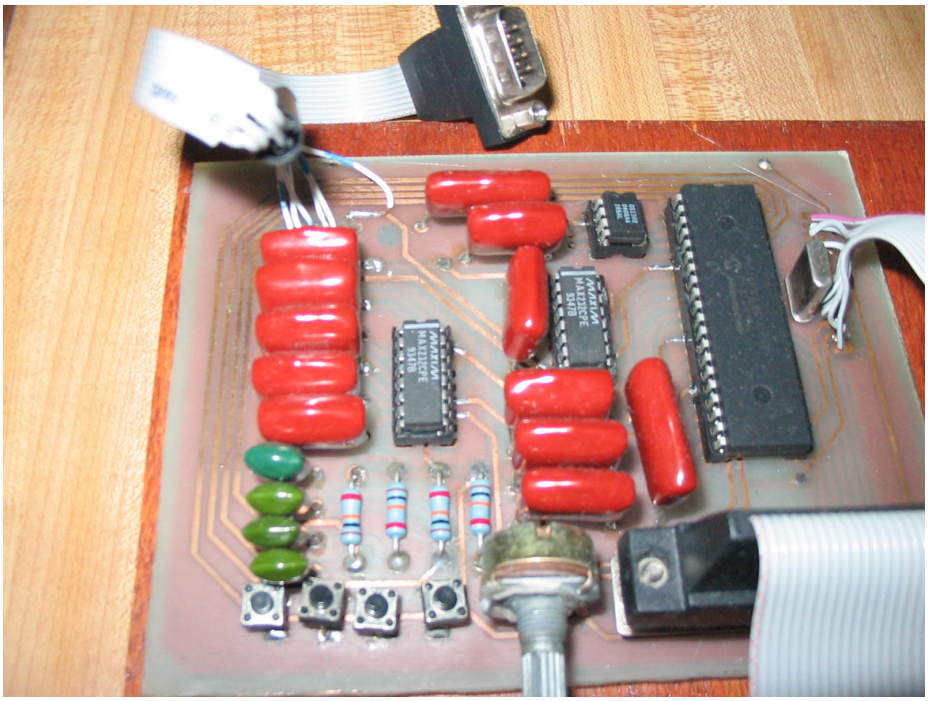


FIGURA A-2 Etapa de control de Pantalla LCD, puerto Serial, botones y DS1302

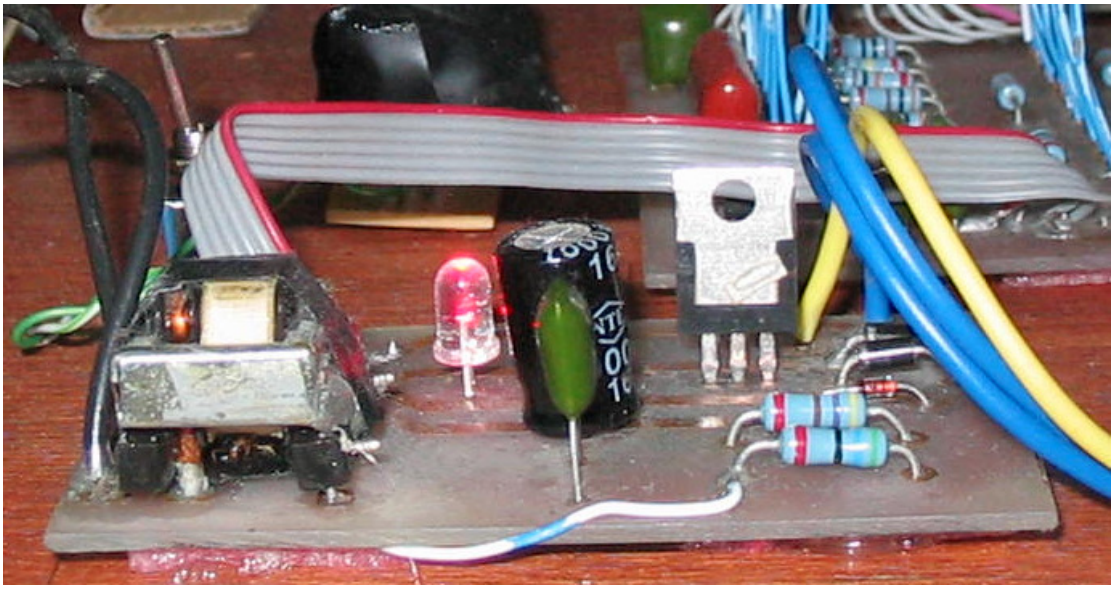


FIGURA A-3 Circuito de alimentación (No se muestra transformador de Voltaje)

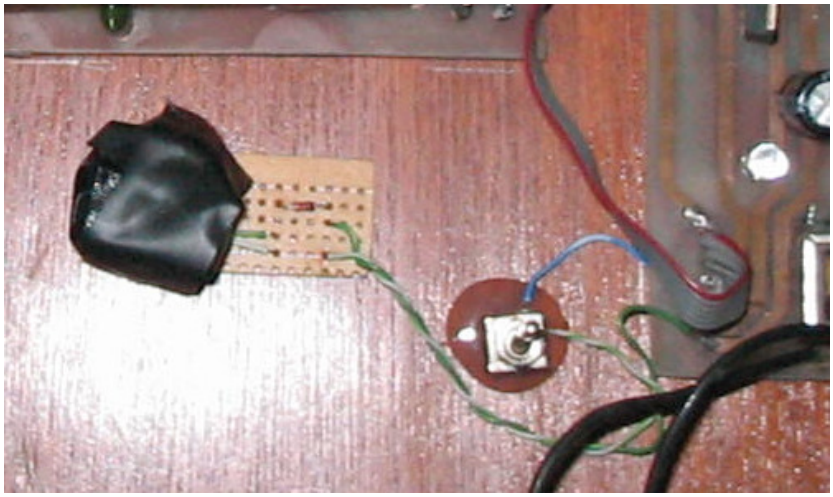


FIGURA A-4 Batería de respaldo

FIGURA A-5 Pantalla LCD. Pantalla Principal. La línea de la izquierda es para mostrar el consumo actual y la línea de la derecha el consumo mensual

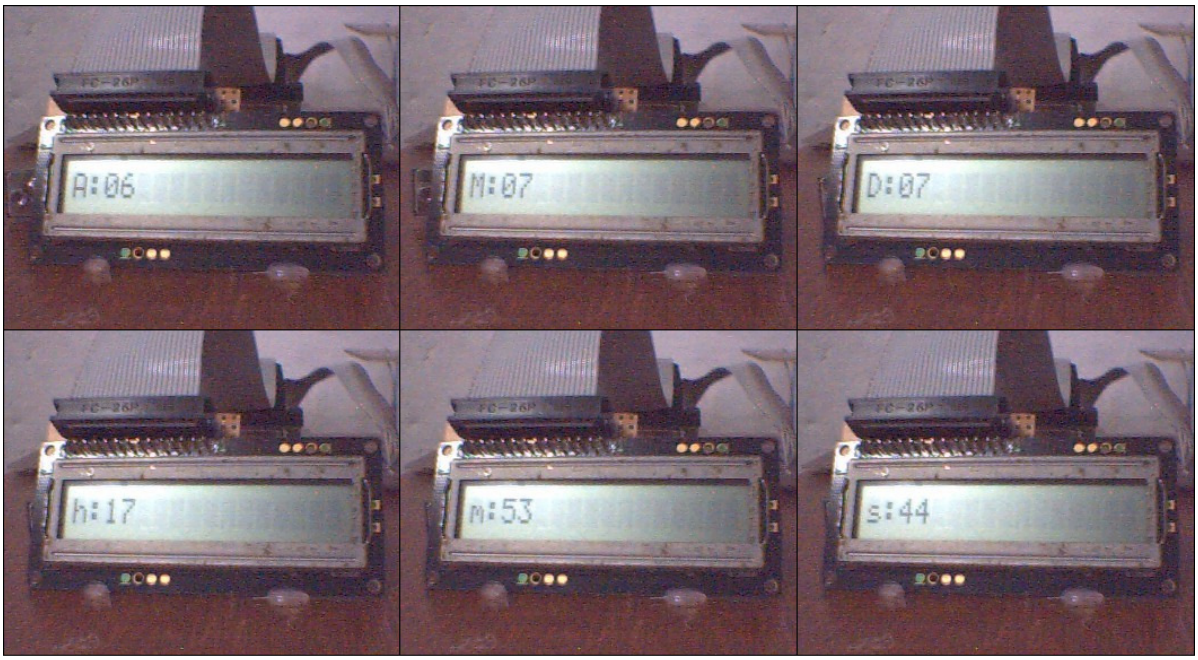


FIGURA A-6 Configuración de fecha y hora.

FIGURA A-7 Calibración de OFFSET.

COSTOS DE MEDIDOR

En la siguiente tabla se muestra la lista de elementos que conforman el medidor y el costo de estos. Al final se muestra el costo total del contador.

CANTIDAD	NUMERO DE PARTE	DESCRIPCION	COSTO
1	PIC16F877A	Microcontrolador	$21.98
1	CS5460A	Sensor de energía	$19.27
1	DS1302	Temporizador y Cristal de 32.7	$25.20
1	RCM2034R	Pantalla LCD	$30.00
2	MAX232	Receptor/transmisor para RS232	$6.90
3	CR2032	Batería de Litio (3V)	$9.60
1		Resistencia 10Ohm	$0.30
2		Resistencias 100K	$0.30
7		Resistencia 10K	$2.10
1		Resistencia 1K	$0.30
1		Resistencia 180K	$0.30
3		Resistencia 301	$0.90
1		Resistencia 470	$0.30
1		Resistencia 56 1/2 W	$0.30
1		Potenciometro 10K	$0.60
10		Capacitor 1uF	$15.00
12		Capacitores 0.1 uF	$6.00
1		Capacitor 0.022uF	$0.60
1		Capacitor 4700pF	$0.38
1		Capacitor 1000uF	$0.69
4		Diodos	$0.60
1	AN7805	Regulador de voltaje	$1.14
1		Xtal 6MHz	$3.39
1		Pantalla LCD	$30.00
1		Transformador de Corriente	$19.00
1		Transformador 110/12VAC 1A	$2.65
4		Pulsadores	$2.40
1		Diodo LED	$0.48
1		Conector DB-9	$0.35
1		Conector DB-25	$0.35
1		Circuito impreso	$31.00
TOTAL			**$202.38**

MODEM GSM

DATOS TECNICOS

Modelo	MTCBA-F2-G de Multitech Systems
Alimentación	5 – 32 VDC, 400 mA
Dimensiones	11cm x 6.1 cm x 2.4 cm
Peso	115 g
Conectores	Antena: tipo SMA
	Puerto serial: DB15 (hembra)
Receptaculo de tarjeta SIM	Estándar
Temperatura de operación	-30 hasta 70 ºC
Características de comunicación	GSM 850, GSM1900
	GPRS clase 10

FIGURA A-8 Terminales

FIGURA A-9 Vista Frontal (Ver siguiente tabla)

INDICADORES (LEDS)

TD	Transmit Data	Encendido: Modem se encuentra transmitiendo
RD	Receive Data	Encendido: Modem se encuentra recibiendo datos
CD	Carrier Detect	Encendido: Conexión de datos ha sido establecido
LS	Line Status	Encendido: El modem no se ha registrado en la red
		Parpadeante: El modem se está registrado en la red
		Apagado: El modem no está listo
TR	Terminal Ready	Encendido: Indica que hay conexión con PC
PWR	Power	Encendido: Indica presencia de alimentación DC

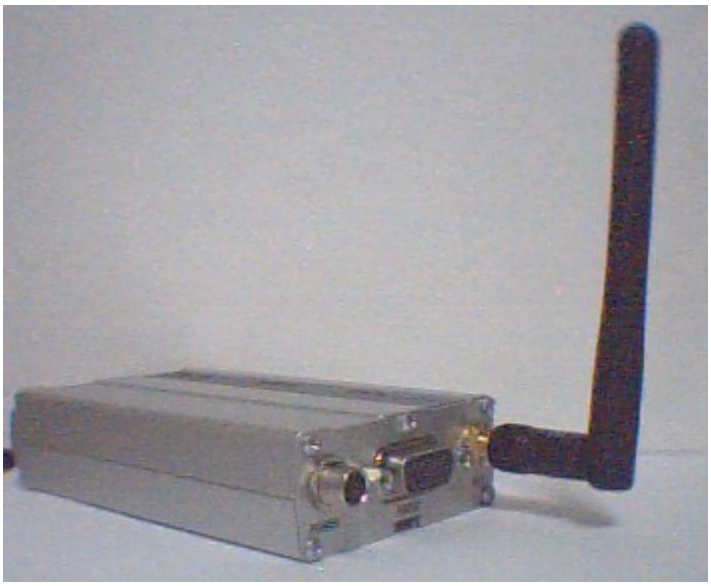


FIGURA A-10

APENDICE B

IMPRESOS

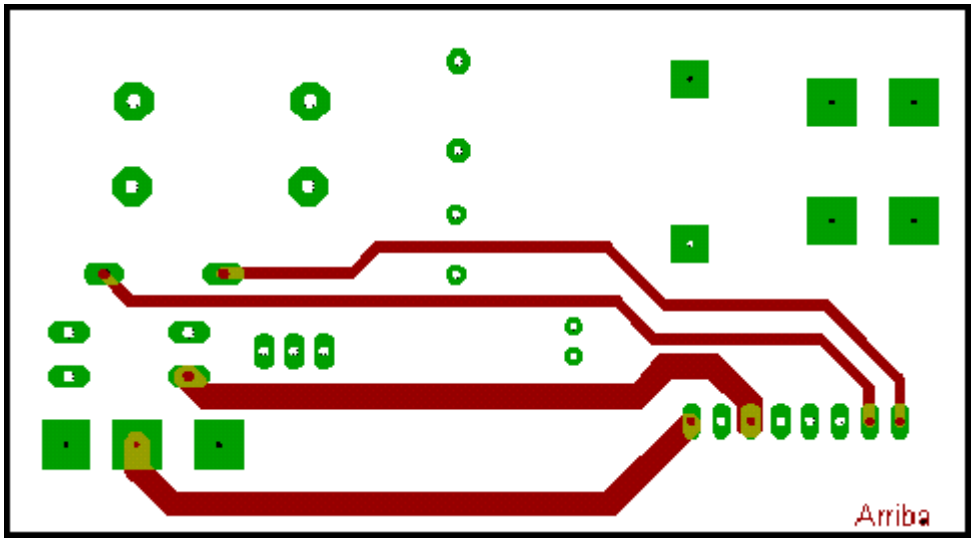


FIGURA B-1 Impreso red de alimentación (Cara superior)

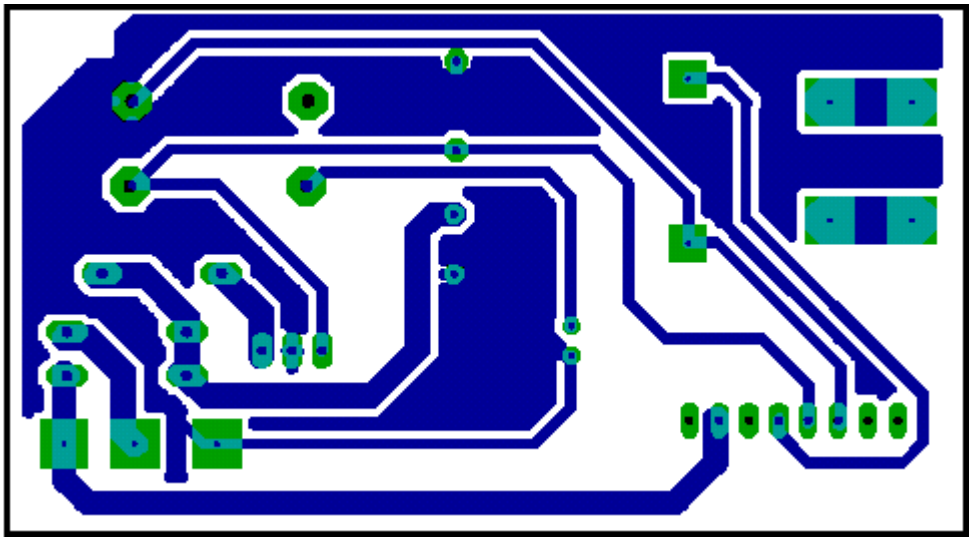


FIGURA B-2 Impreso red de alimentación (Cara inferior)

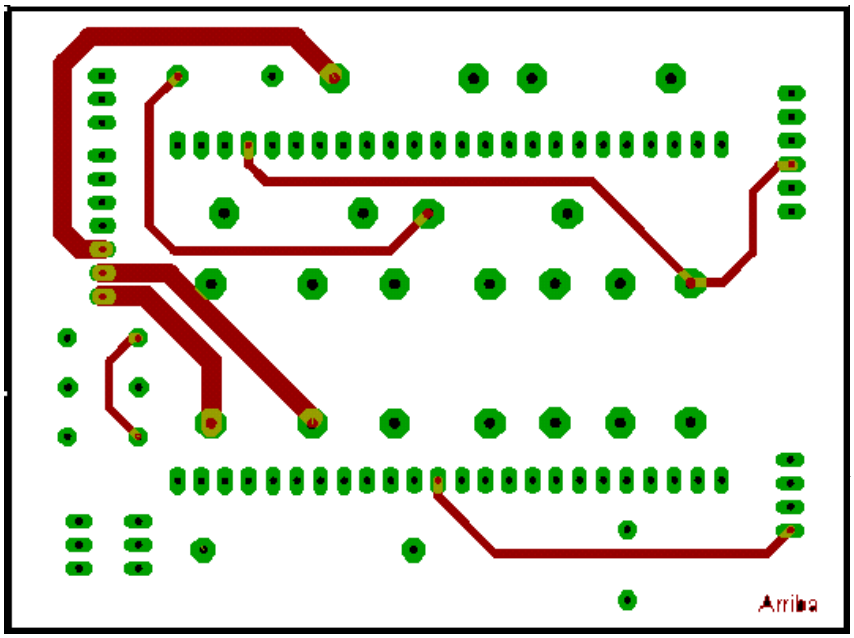


FIGURA B-3 Impreso red de entrada de canales análogos de CS5460A (Vista superior)

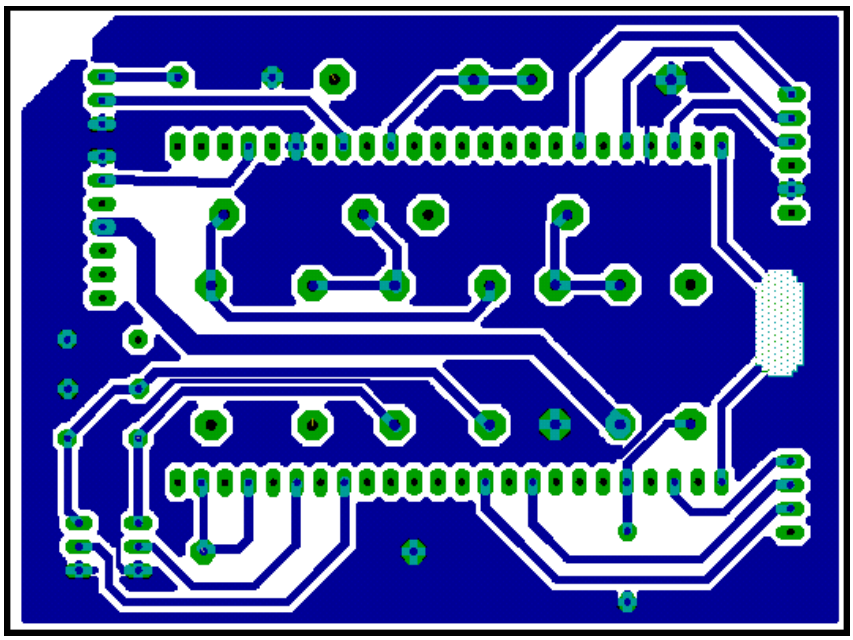


FIGURA B-4 3 Impreso red de entrada de canales análogos de CS5460A (Vista inferior)

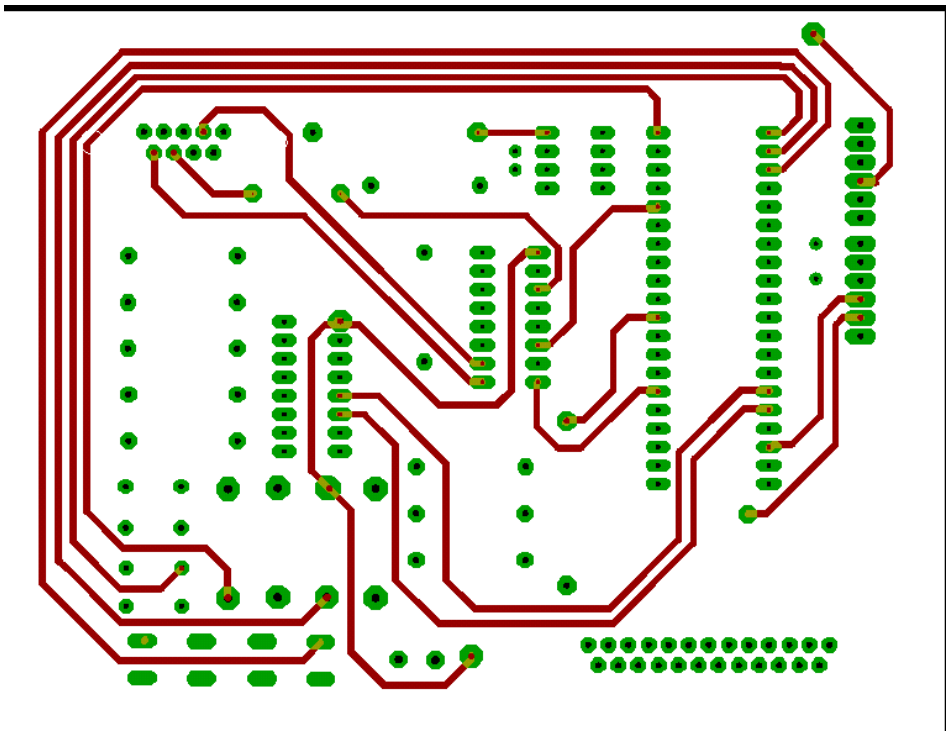


FIGURA B-5 Circuito de control de pantalla LCD, puerto serial, botones y DS1302 (Vista superior)

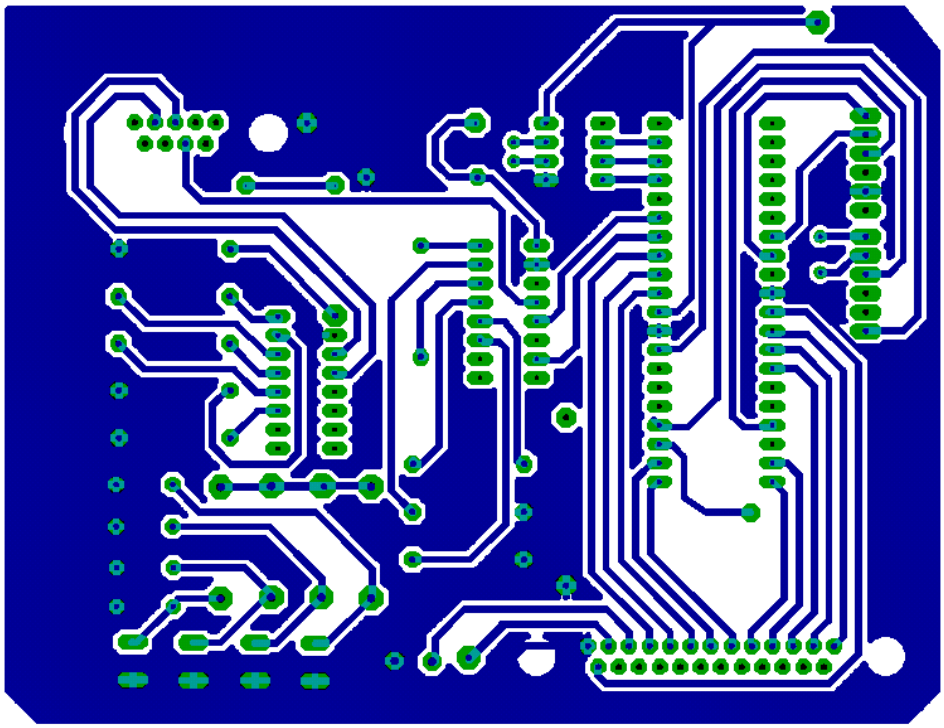


FIGURA B-6 Circuito de control de pantalla LCD, puerto serial, botones y DS1302 (Vista inferior)

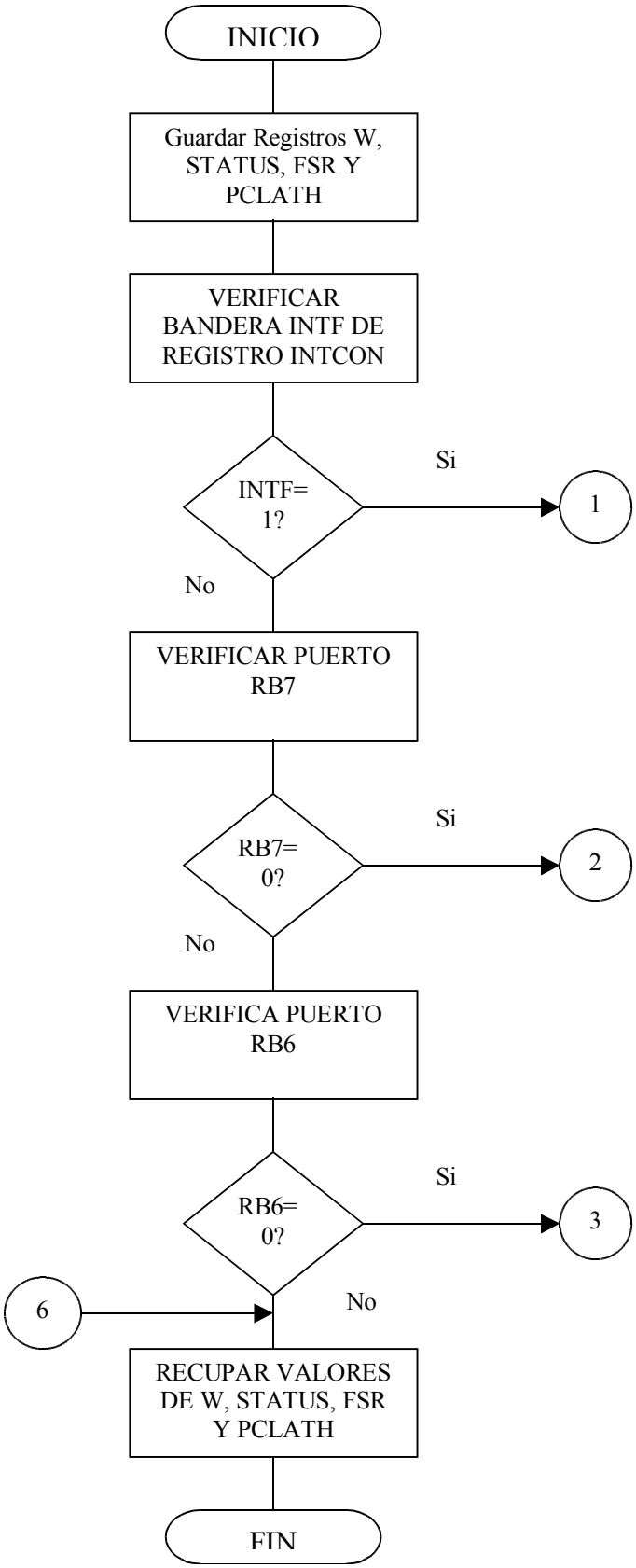
APENDICE C

FLUJOGRAMAS Y CODIGO FUENTE PARA PIC16F877A

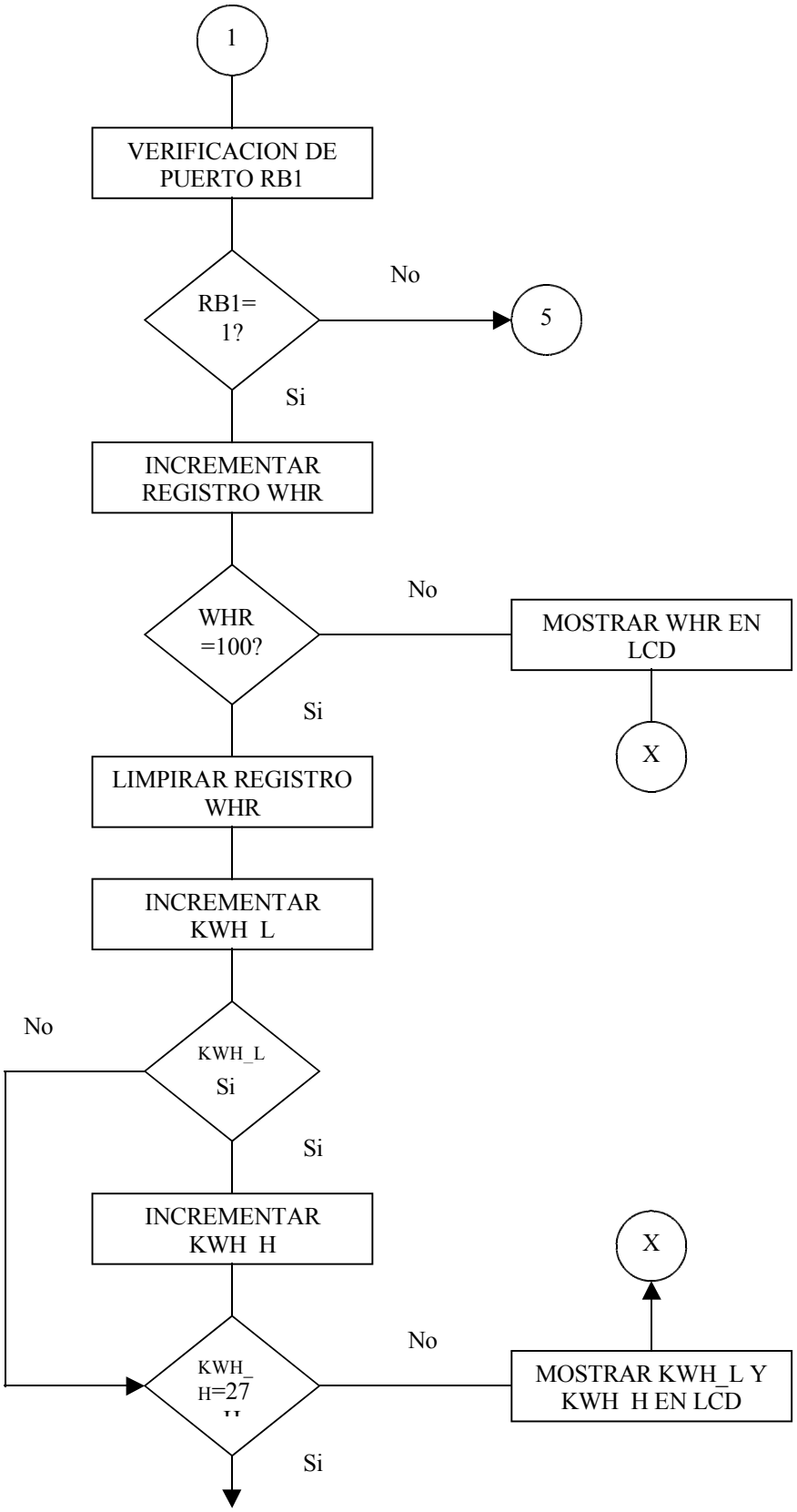
FLUJOGRAMAS

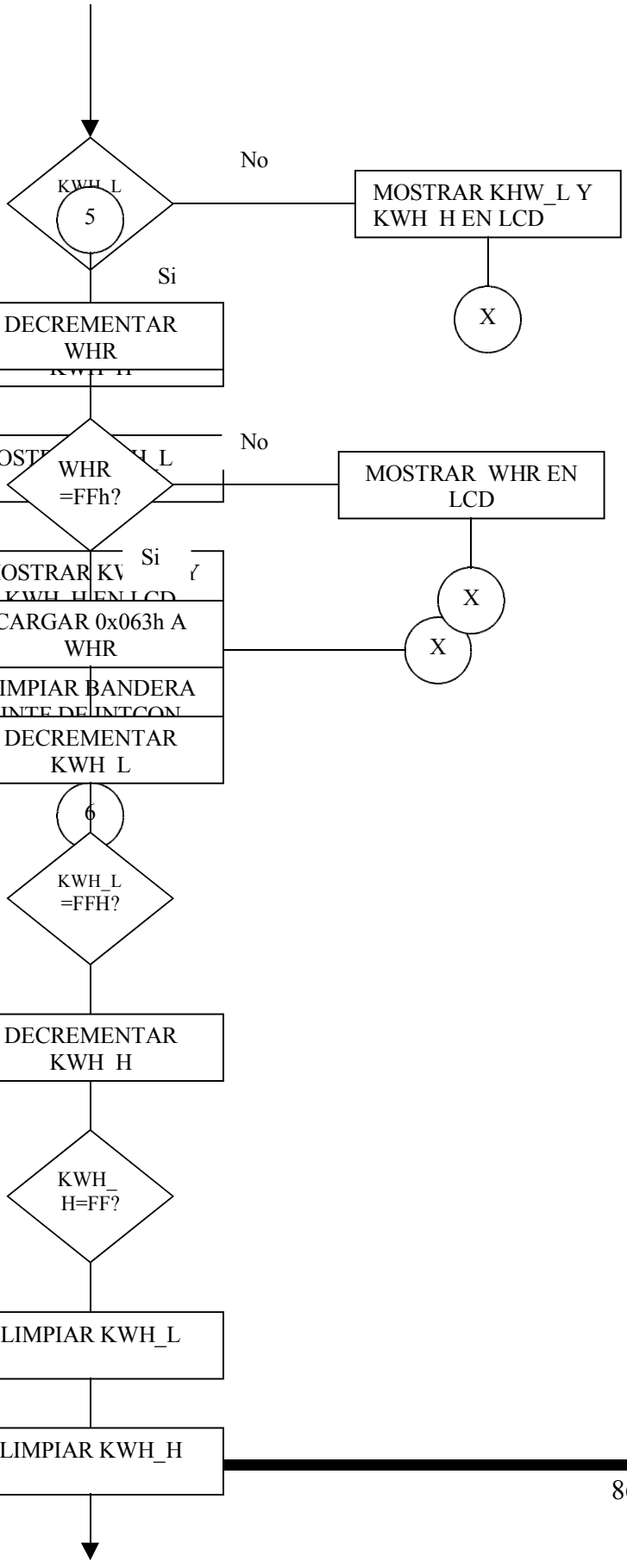
SERVICIO DE RUTINA DE INTERRUPCION

PROGRAMA PRINCIPAL

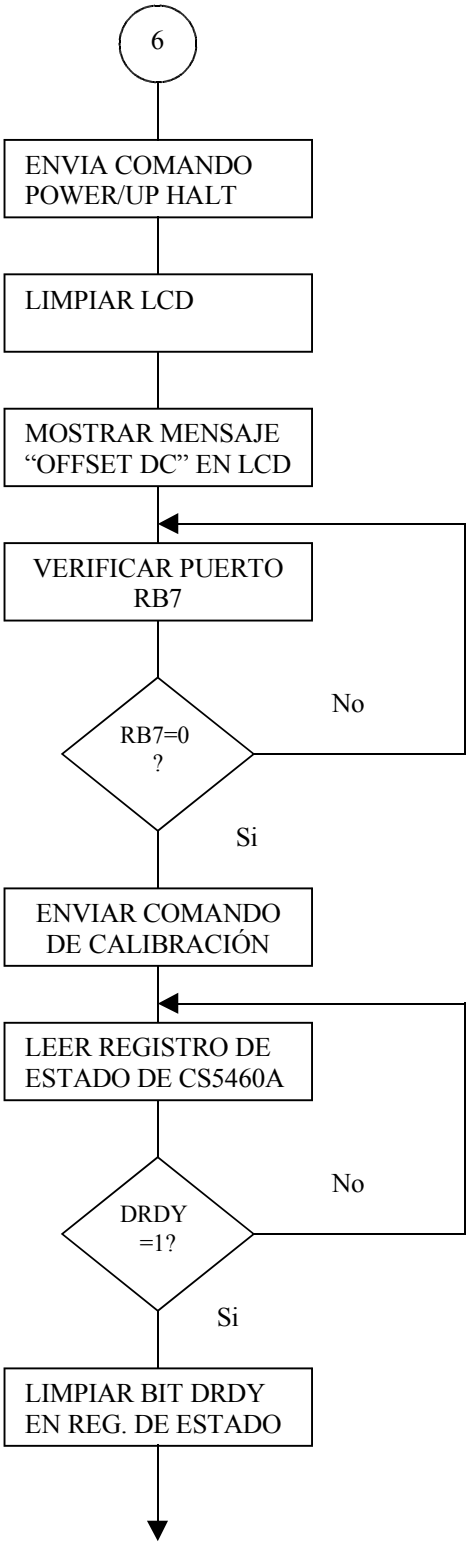


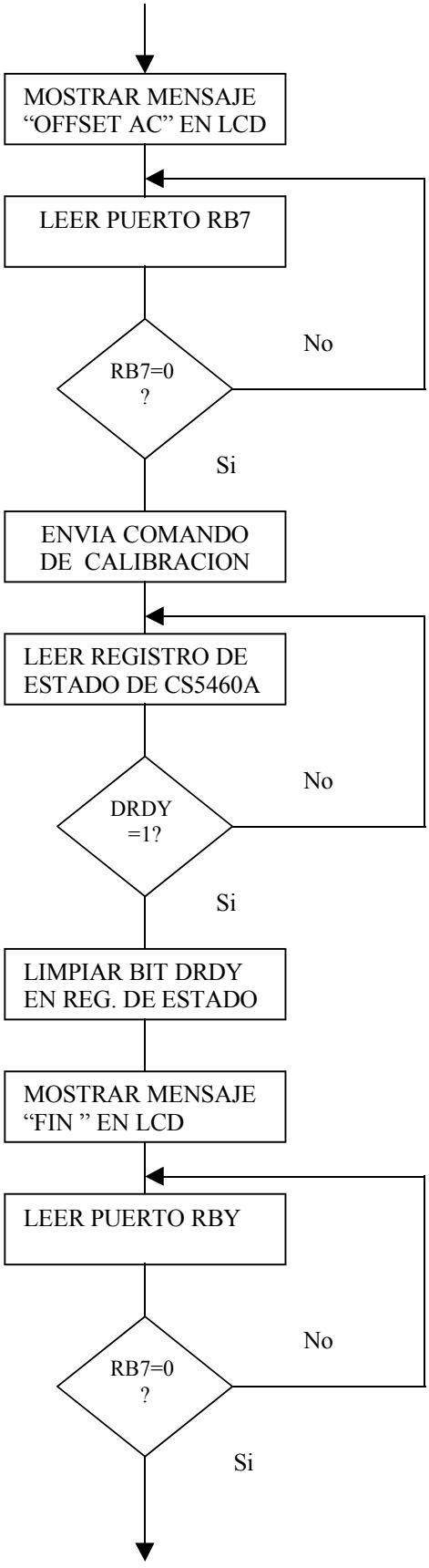
Rutina de lectura de consumo de energía




KWH_L
5
No
MOSTRAR KHW_L Y KWH_H EN LCD
X
Si
DECREMENTAR WHR
WHR =FFh?
No
MOSTRAR WHR EN LCD
X
Si
CARGAR 0x063h A WHR
X
LIMPIAR BANDERA
DECREMENTAR KWH_L
6
KWH_L =FFH?
DECREMENTAR KWH_H
KWH_H=FF?
LIMPIAR KWH_L
LIMPIAR KWH_H

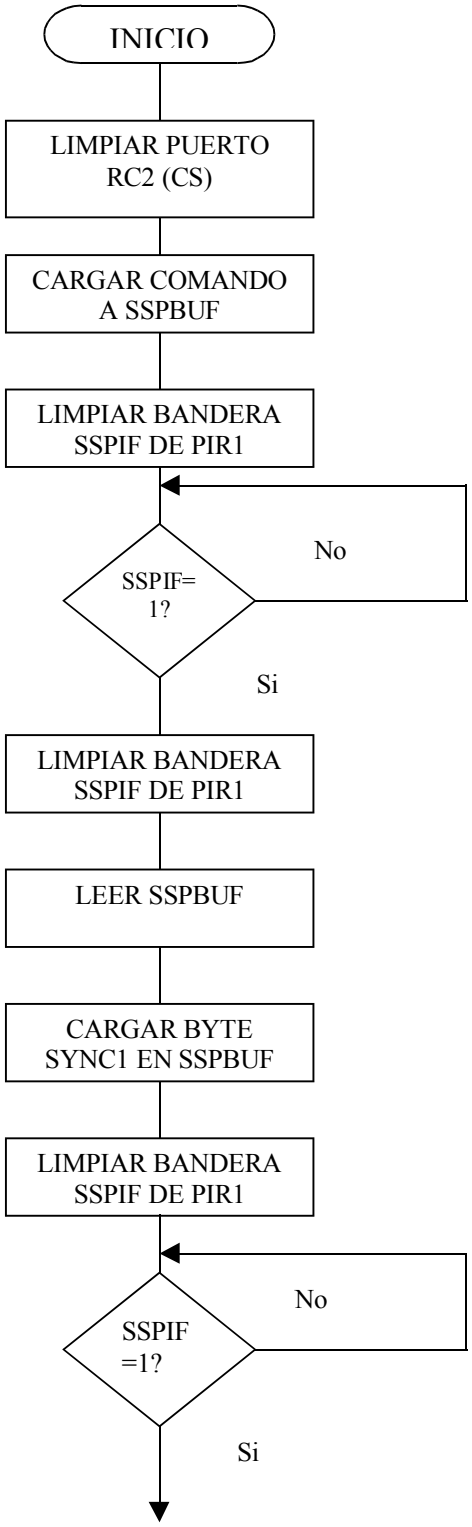
Rutina de calibración de CS5460A

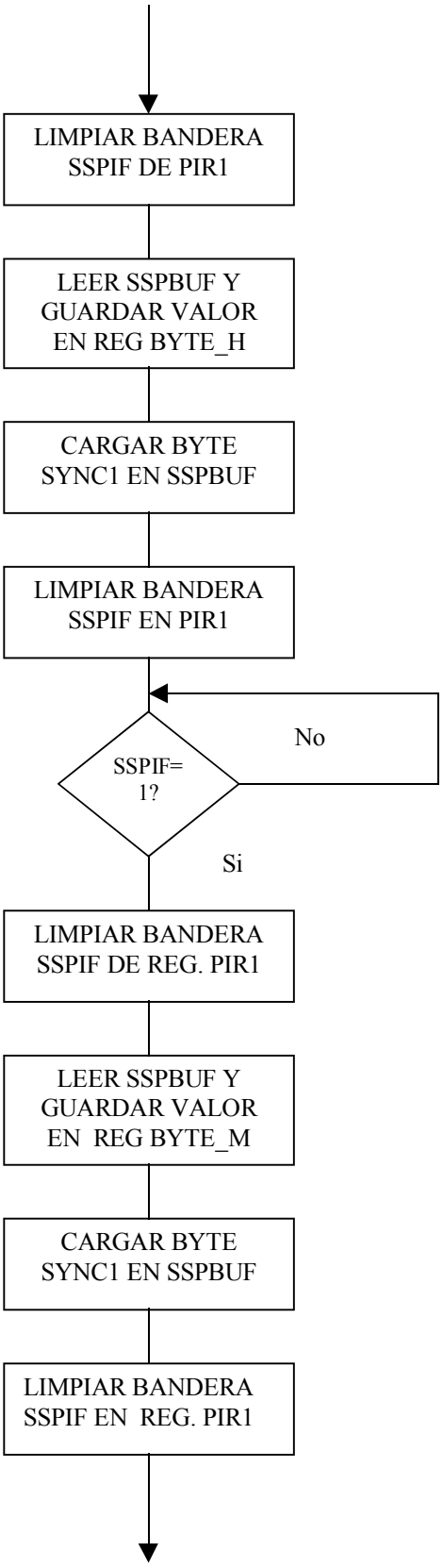


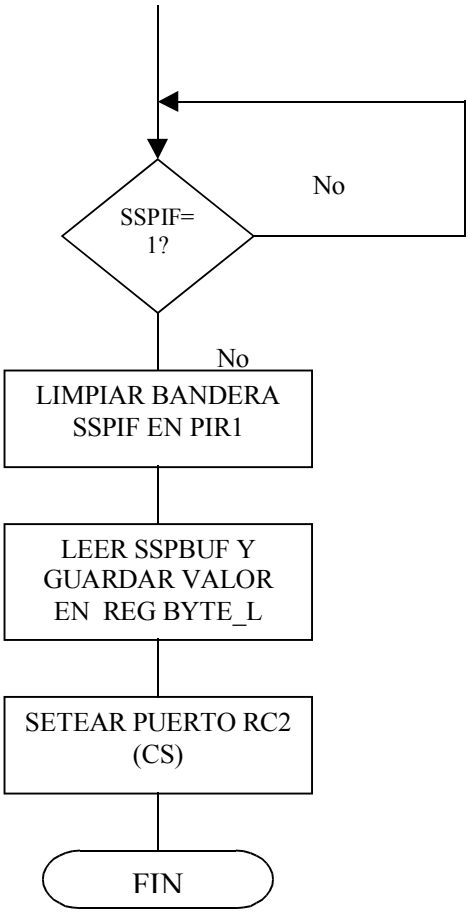

MOSTRAR MENSAJE
“OFFSET AC” EN LCD
LEER PUERTO RB7
RB7=0
?
No
Si
ENVIA COMANDO
DE CALIBRACION
LEER REGISTRO DE
ESTADO DE CS5460A
DRDY
=1?
No
Si
LIMPIAR BIT DRDY
EN REG. DE ESTADO
MOSTRAR MENSAJE
“FIN ” EN LCD
LEER PUERTO RBY
RB7=0
?
No
Si

LIMPIAR REGISTRO WHR, KWH_L Y KWH_H
ENVIAR COMANDO DE INICIO DE CONVERSION
LIMPIAR PANTALLA LCD
LIMPIAR BANDERA RBIF EN EL REGISTRO INTCON
6

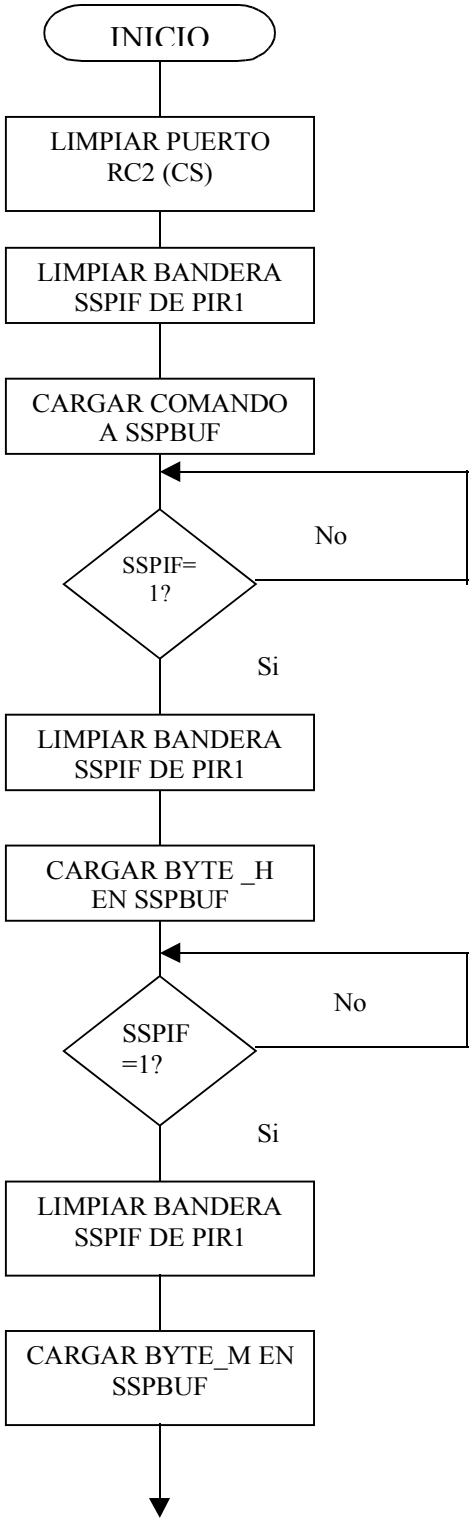
Subrutina de lectura de CS5460A



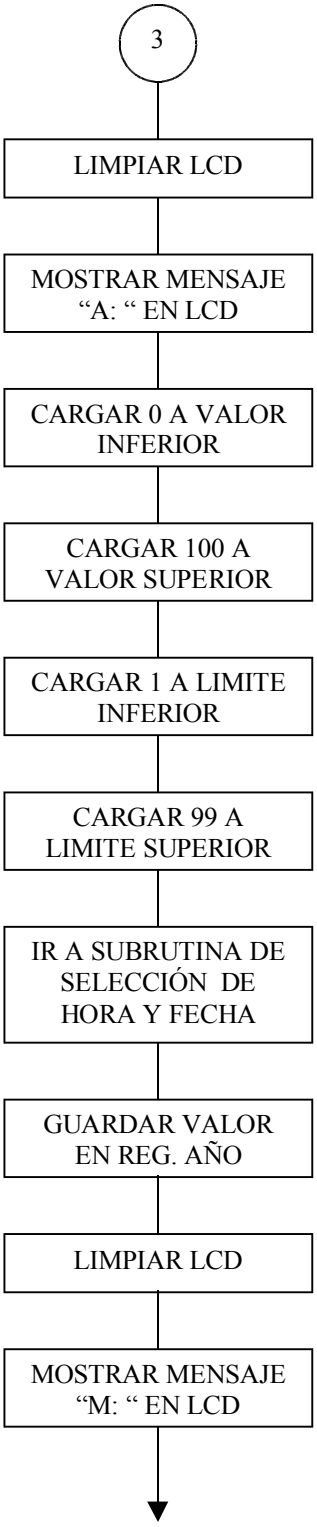

LIMPIAR BANDERA SSPIF DE PIR1
LEER SSPBUF Y GUARDAR VALOR EN REG BYTE_H
CARGAR BYTE SYNC1 EN SSPBUF
LIMPIAR BANDERA SSPIF EN PIR1
SSPIF= 1?
No
Si
LIMPIAR BANDERA SSPIF DE REG. PIR1
LEER SSPBUF Y GUARDAR VALOR EN REG BYTE_M
CARGAR BYTE SYNC1 EN SSPBUF
LIMPIAR BANDERA SSPIF EN REG. PIR1

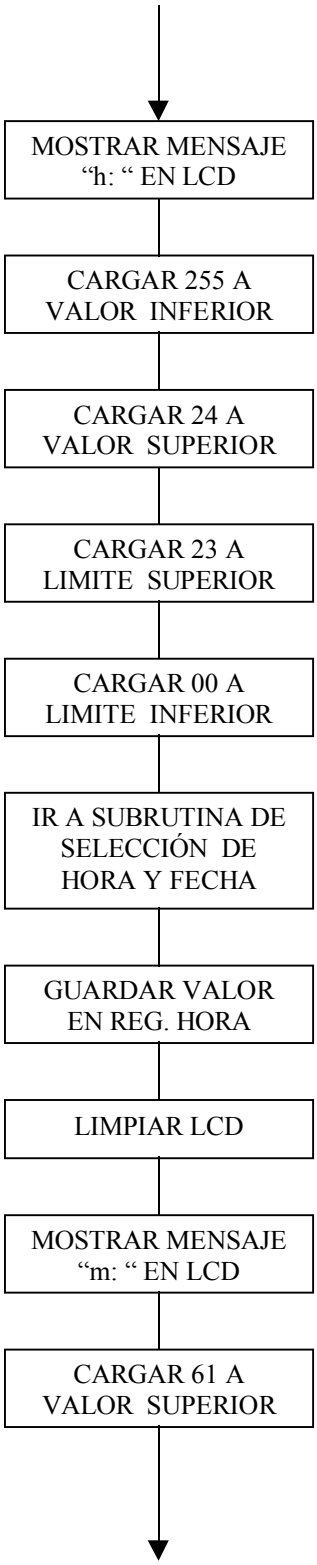

No
SSPIF=
1?
No
LIMPIAR BANDERA
SSPIF EN PIR1
LEER SSPBUF Y
GUARDAR VALOR
EN REG BYTE_L
SETEAR PUERTO RC2
(CS)
FIN

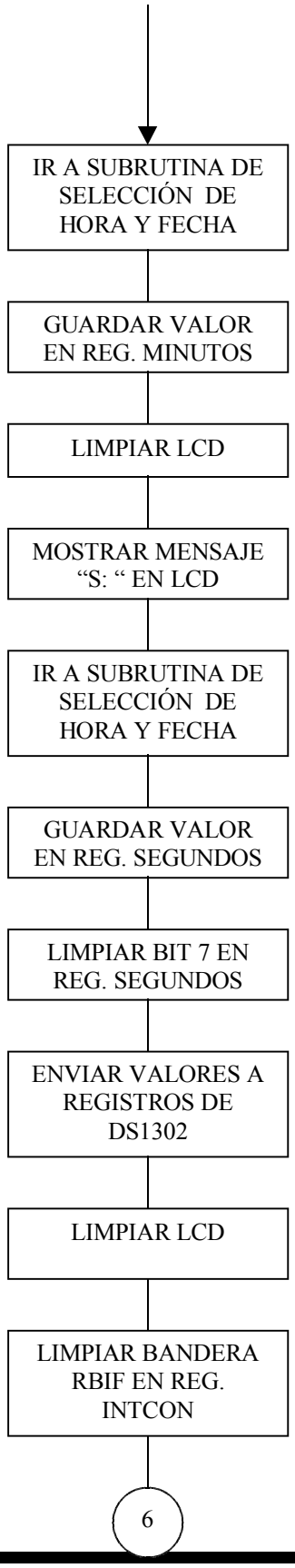
Subrutina de escritura de registros de CS5460A



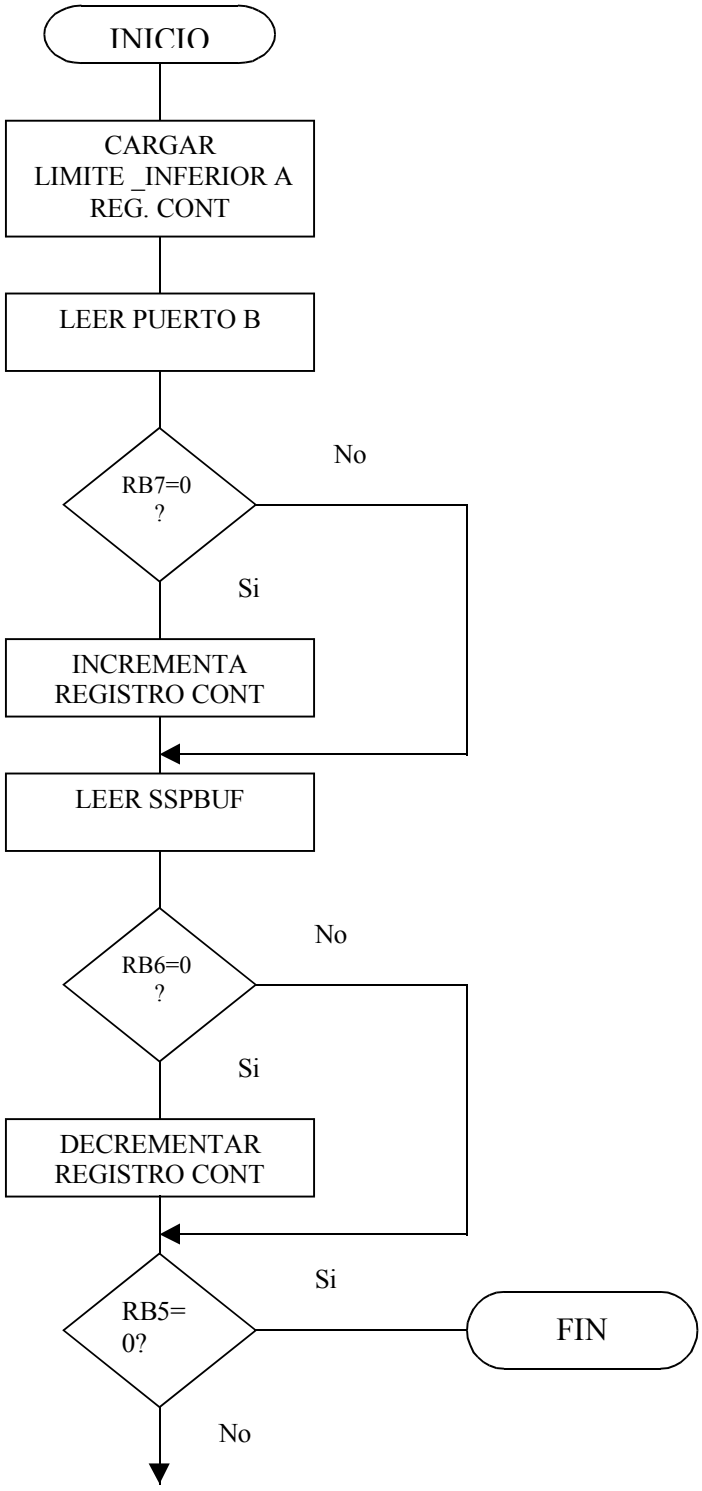
Rutina de configuración del temporizador DS1302

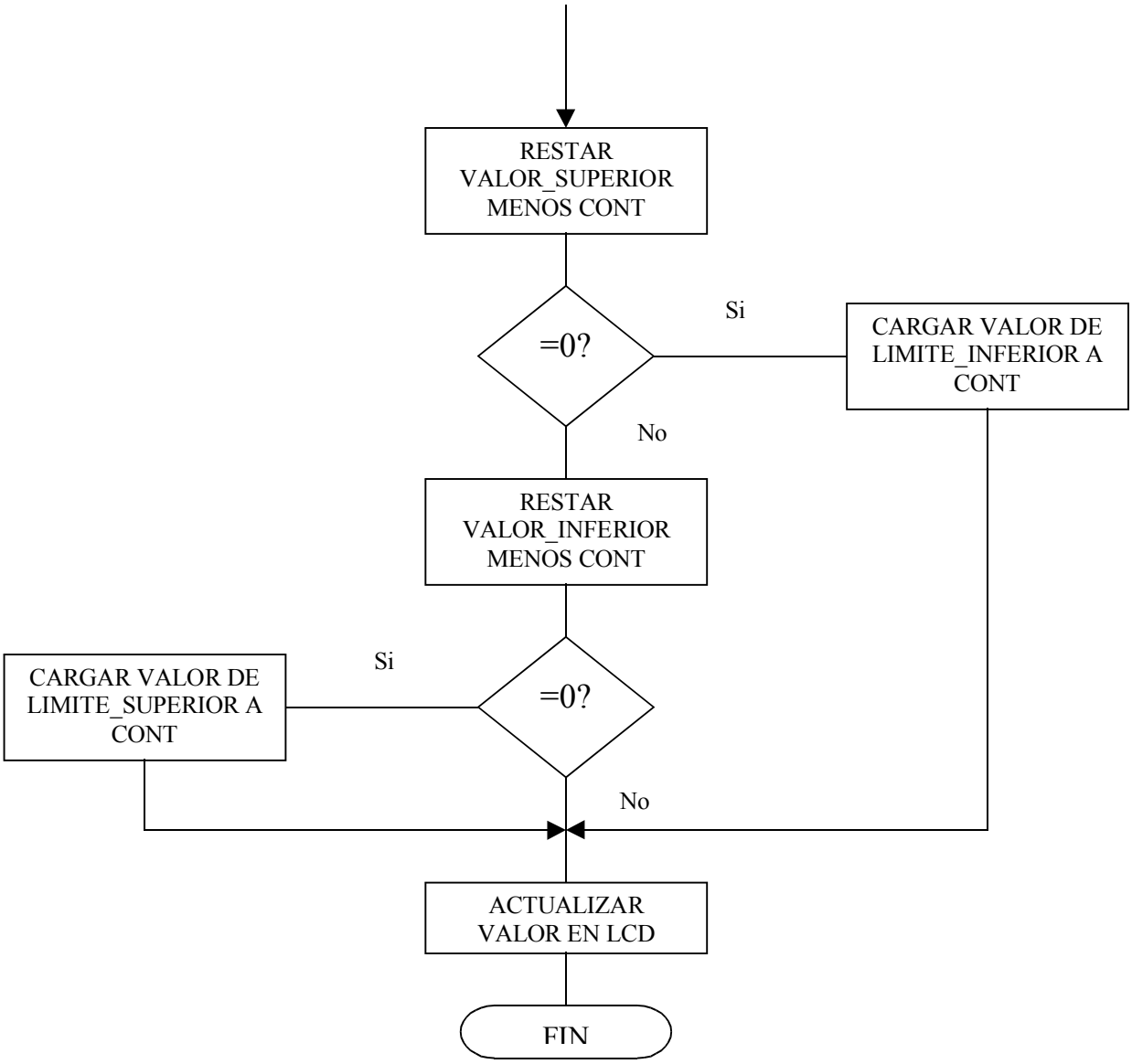



MOSTRAR MENSAJE
“h: “ EN LCD
CARGAR 255 A
VALOR INFERIOR
CARGAR 24 A
VALOR SUPERIOR
CARGAR 23 A
LIMITE SUPERIOR
CARGAR 00 A
LIMITE INFERIOR
IR A SUBRUTINA DE
SELECCIÓN DE
HORA Y FECHA
GUARDAR VALOR
EN REG. HORA
LIMPIAR LCD
MOSTRAR MENSAJE
“m: “ EN LCD
CARGAR 61 A
VALOR SUPERIOR

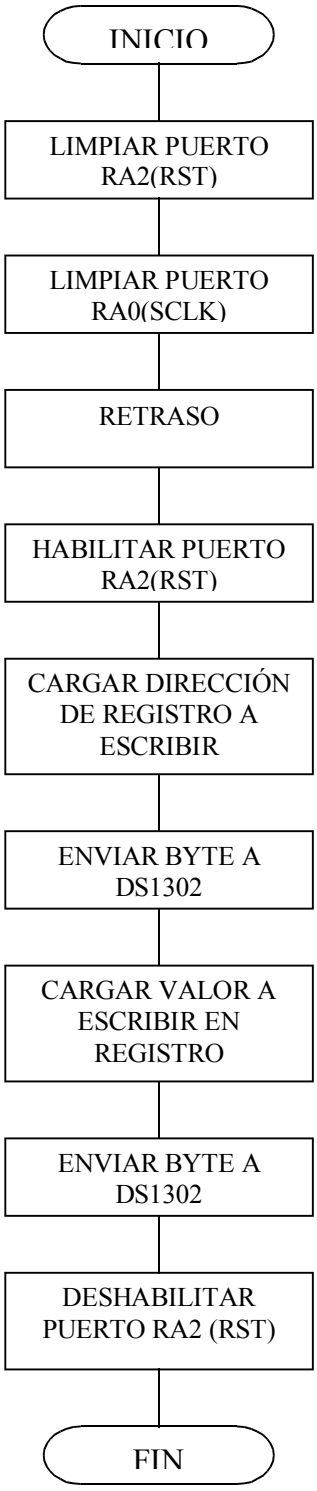

IR A SUBRUTINA DE SELECCIÓN DE HORA Y FECHA
GUARDAR VALOR EN REG. MINUTOS
LIMPIAR LCD
MOSTRAR MENSAJE "S: " EN LCD
IR A SUBRUTINA DE SELECCIÓN DE HORA Y FECHA
GUARDAR VALOR EN REG. SEGUNDOS
LIMPIAR BIT 7 EN REG. SEGUNDOS
ENVIAR VALORES A REGISTROS DE DS1302
LIMPIAR LCD
LIMPIAR BANDERA RBIF EN REG. INTCON
6

Subrutina para seleccionar hora y fecha

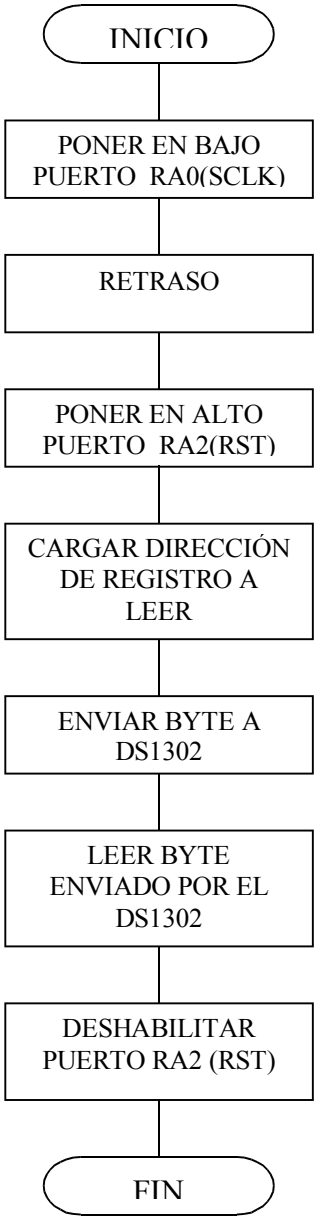



RESTAR
VALOR_SUPERIOR
MENOS CONT
=0?
Si
CARGAR VALOR DE
LIMITE_INFERIOR A
CONT
No
RESTAR
VALOR_INFERIOR
MENOS CONT
=0?
Si
CARGAR VALOR DE
LIMITE_SUPERIOR A
CONT
No
ACTUALIZAR
VALOR EN LCD
FIN

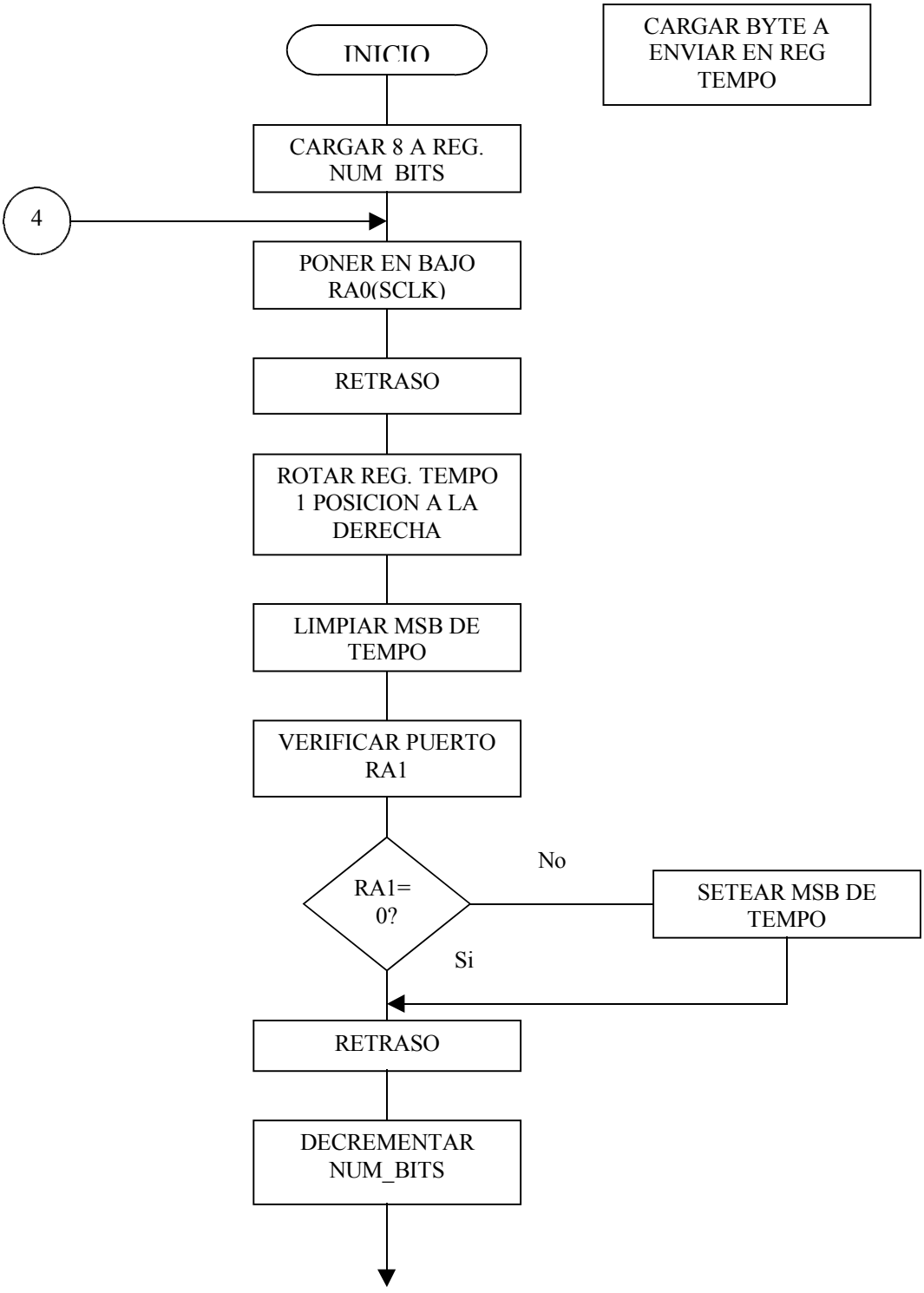
Subrutina para escribir registro de temporizador DS1302

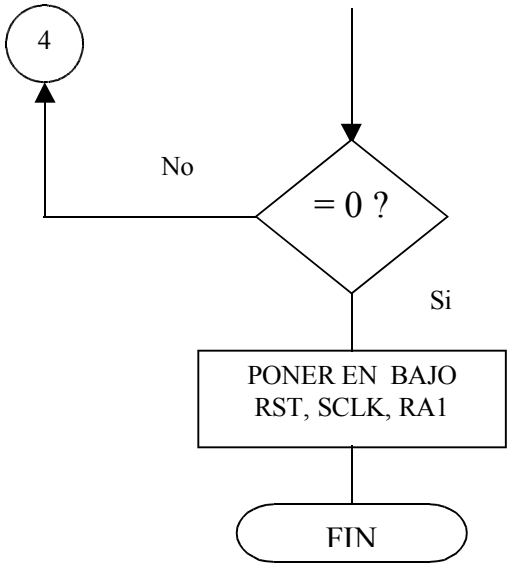


Subrutina para leer registro de temporizador DS1302

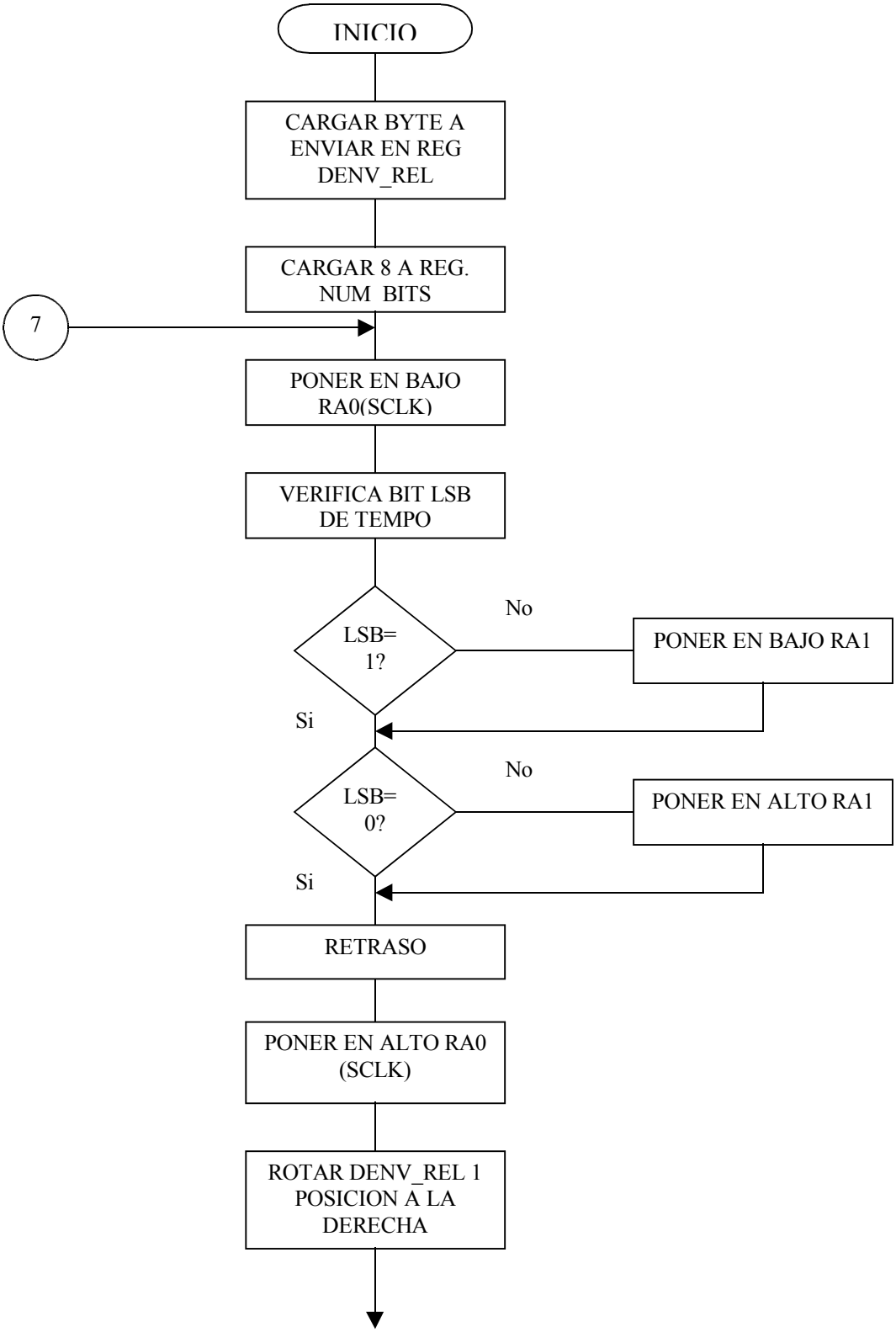


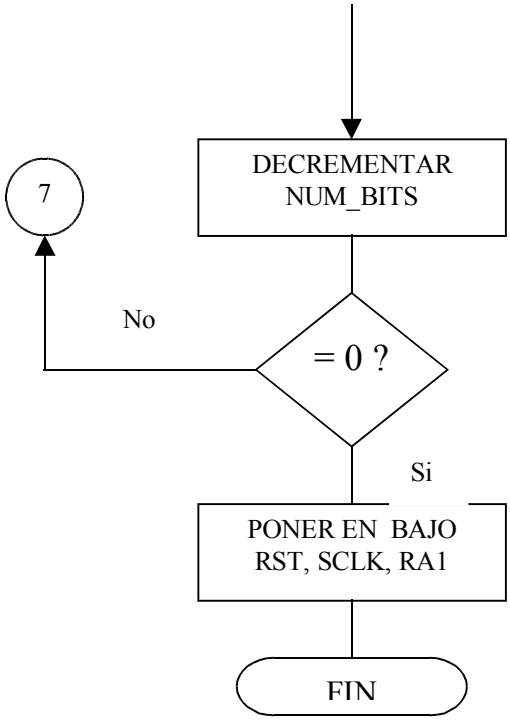
Subrutina para recibir un byte del DS1302



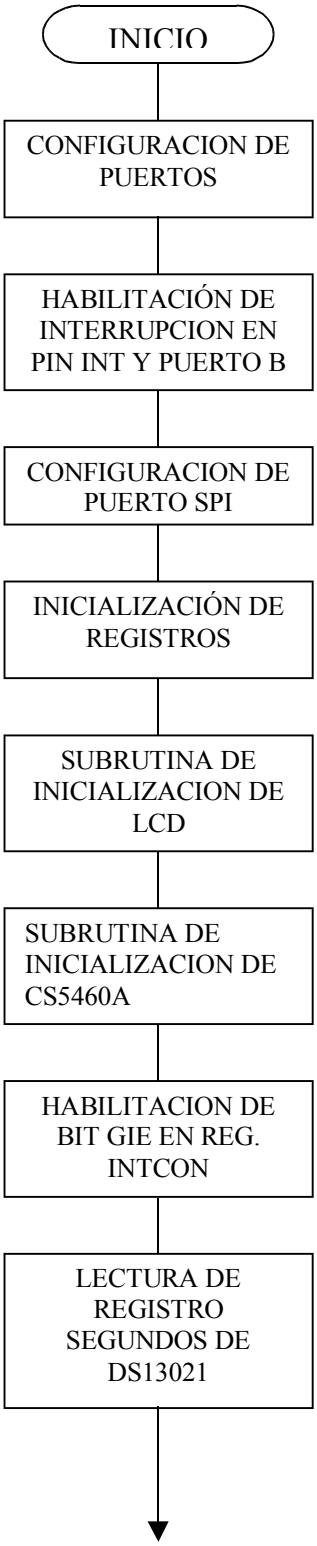

4
No
= 0 ?
Si
PONER EN BAJO
RST, SCLK, RA1
FIN

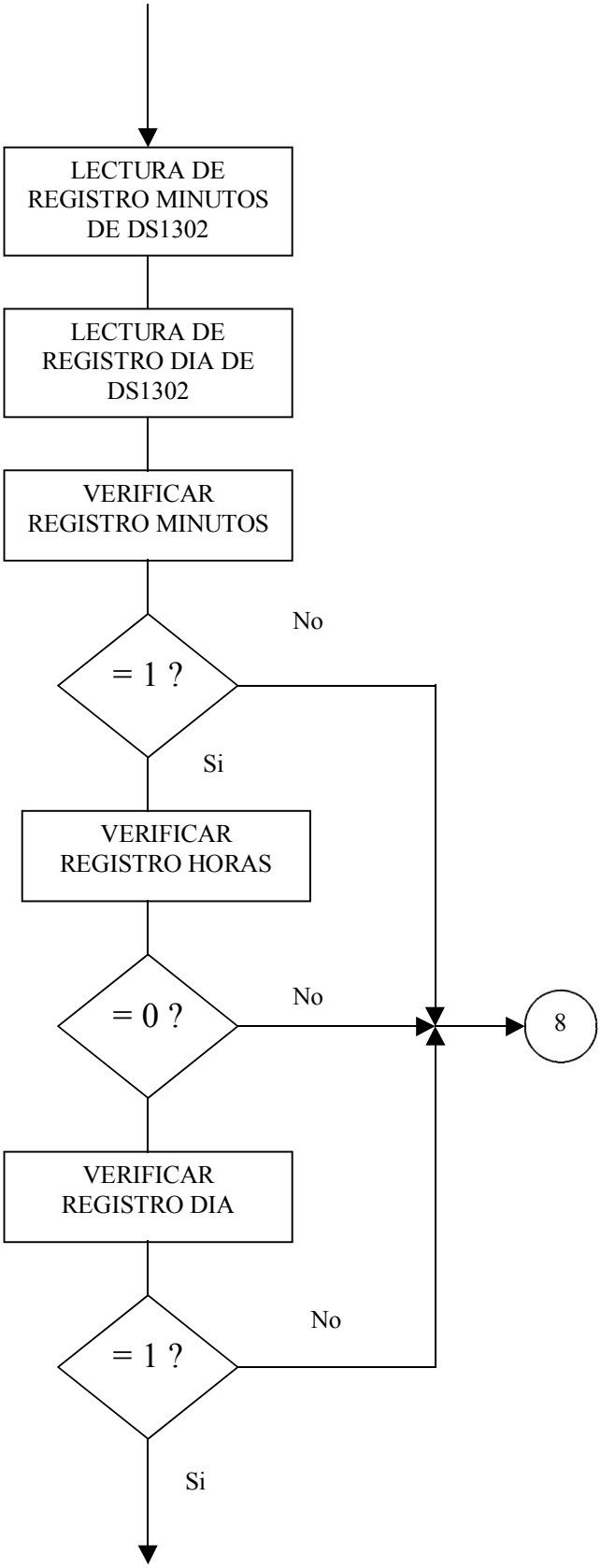
Subrutina para enviar un byte al DS1302

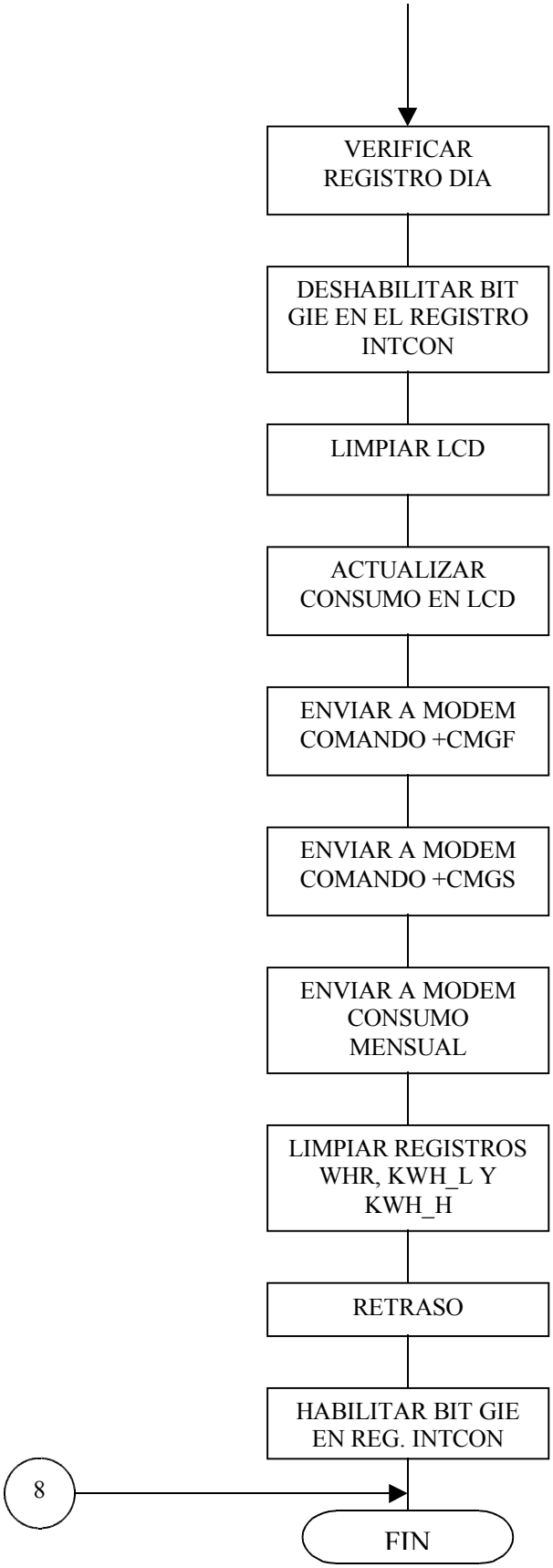



DECREMENTAR
NUM_BITS
7
No
= 0 ?
Si
PONER EN BAJO
RST, SCLK, RA1
FIN

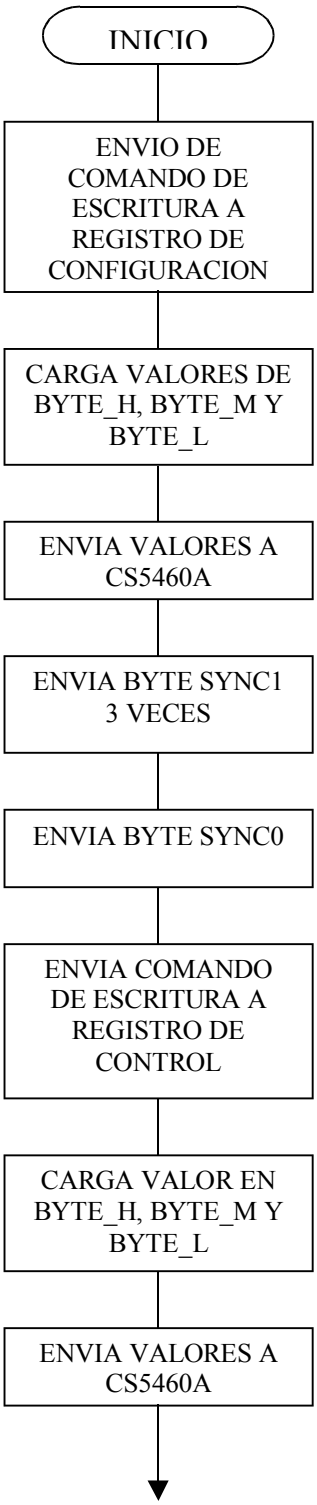
PROGRAMA PRINCIPAL

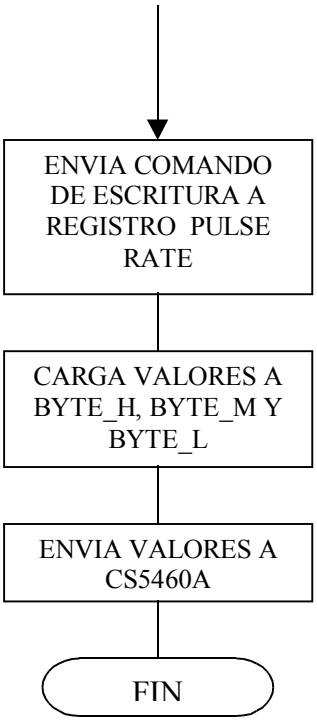



LECTURA DE REGISTRO MINUTOS DE DS1302
LECTURA DE REGISTRO DIA DE DS1302
VERIFICAR REGISTRO MINUTOS
No
= 1 ?
Si
VERIFICAR REGISTRO HORAS
No
= 0 ?
8
VERIFICAR REGISTRO DIA
No
= 1 ?
Si

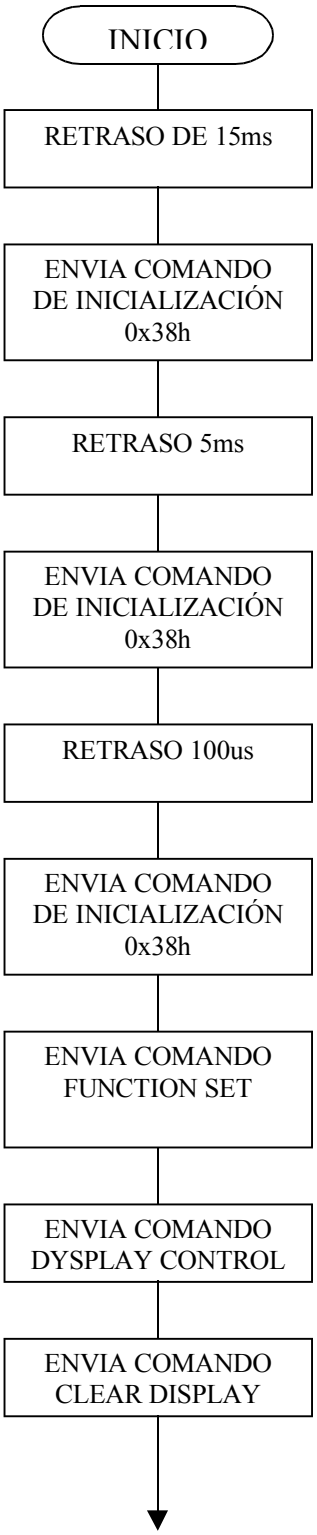

VERIFICAR REGISTRO DIA
DESHABILITAR BIT GIE EN EL REGISTRO INTCON
LIMPIAR LCD
ACTUALIZAR CONSUMO EN LCD
ENVIAR A MODEM COMANDO +CMGF
ENVIAR A MODEM COMANDO +CMGS
ENVIAR A MODEM CONSUMO MENSUAL
LIMPIAR REGISTROS WHR, KWH_L Y KWH_H
RETRASO
HABILITAR BIT GIE EN REG. INTCON
8
FIN

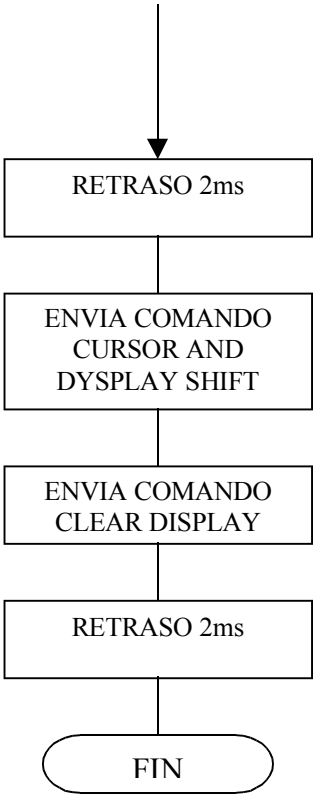
Subrutina de inicialización de CS5460A




ENVIA COMANDO DE ESCRITURA A REGISTRO PULSE RATE
CARGA VALORES A BYTE_H, BYTE_M Y BYTE_L
ENVIA VALORES A CS5460A
FIN

Rutina de inicialización de pantalla LCD




RETRASO 2ms
ENVIA COMANDO CURSOR AND DYSPLAY SHIFT
ENVIA COMANDO CLEAR DISPLAY
RETRASO 2ms
FIN

CODIGO FUENTE

```
;-------------------------------------------------------------------------------;
                ---------------------------------------------------------------------------
                         *********DECLARACION DE VARIABLES*********
```

```
;-------------------------------------------------------------------------------
INDFequ0x00
;-------------------------------------------------------------------------------
```

```
PORTDequ0x08PORTCequ0x07PORTBequ0x06PORTAequ0x05FSRequ0x04STATUSequ 0x03 OPTION_REGequ0x01
```

```
TRISEequ0x09TRISDequ0x08TRISCequ0x07TRISBequ0x06TRISAequ0x05PCLATHequ0x0APORTEequ0x09
```

```
SSPBUFequ0x13EEADRequ0x0DEECON2equ0x0DEEDATAequ0x0CEECON1equ0x0CPIR1equ0x0CINTCONequ0x0B
```

```
SPBRGequ0x19TXREGequ0x19RCSTAequ0x18TXSTA equ0x18SSPSTATequ0x14SSPCONequ0x14
```

```
NUM_BITSequ0x22DENV_RELequ0x21NUMERO1equ0x20ADCON1equ0x1FRCREGequ0x1ARCREGequ0x1A
```

```
CONTADOR2equ0x28BYTE_Lequ0x27BYTE_Mequ0x26BYTE_Hequ0x25COMANDOequ0x24NUMERO3equ0x23
```

```
FSR_TEMPequ0x2ESTATUS_TEMPequ0x2DW_TEMPequ0x2CREG_BOTONequ0x2BSYNC1equ0x2ASYNC0equ0x29
```

```
SEGUNDOSequ0x35MINUTOSequ0x34HORAequ0x33DIAequ0x32MESequ0x31ANOequ0x30PCLATH_TEMPequ0x2F
```

```
ASCII_0equ0x3CDEC2equ0x3BDEC1equ0x3ADEC0equ0x39DATO_HEXequ0x38CONTequ0x37TEMPequ0x36
```

ASCII_1equ0x3D

```
H_TEMPequ0x44L_TEMPequ0x43ASCII_5equ0x42ASCII_4equ0x41ASCII_3equ0x40ASCII_2equ0x3F
```

```
VALOR_INFERIORequ0x4ATEMPOequ0x49TIME3equ0x48KWH_Hequ0x47KWH_Lequ0x46WHRequ0x45
```

```
TIME2equ0x4FTIMEequ0x4ELIMITE_SUPERIOR equ0x4DLIMITE_INFERIORequ0x4CVALOR_SUPERIORequ0x4B
```

```
DEC3equ0x55WHR_M_TEMPequ0x54WHR_Mequ0x53REG_TIEMPOequ0x52DIRECCIONequ0x51DATO2equ0x50
```

```
ASCII_7equ0x5AASCII_6equ0x59MINUTOS_TEMPOequ0x58HORA_TEMPOequ0x57DIA_TEMPOequ0x56
```

```
BYTE5equ0x60BYTE4equ0X5FBYTE3equ0X5DBYTE2equ0x5CBYTE1equ0x5B
```

```
BYTE12equ0x67BYTE11equ0X66BYTE10equ0X65BYTE9equ0x64BYTE8equ0x63BYTE7equ0x62BYTE6equ0x61
```

```
BYTE18equ0X6DBYTE17equ0X6CBYTE16equ0x6BBYTE15equ0x6ABYTE14equ0x69BYTE13equ0x68
```

```
BYTE24equ0x73BYTE23equ0x72BYTE22equ0x71BYTE21equ0x70BYTE20equ0x6FBYTE19equ0x6E
```

```
CONTADOR4equ0x76CONTADOREqu0x75BYTE25equ0x74
```

```
;*****************************************************
Cequ0
RDequ0
```

```
RA1equ1Fequ1DSRequ0RSequ0RBIFequ0RB0equ0SCLKequ0Wequ0
```

```
RTS   B3    RBIE  SSPI  WREN  CS    RST   Zequ  Eequ  Fequ  WR    RB1   RW    INTF
equ3  equ3  equ3  Fequ  equ2  equ2  equ2  2     2     1     equ1  equ1  equ1  equ1
                        3
```

```
;-------------------------------------------------------------------------------
                        ;Direccion de incio de EEPROM
```

```
de'0','0','0','0','1';Número de serie de contadororgH'2100'
```

```
;Comandos AT para comunicación con ModemorgH'2180';Dirección de inicio de EEPROM
```

```
de'A','T','+','C','M','G','F','=','1',0x0D,0x0A,0xFF
```

```
de'A','T','+','C','M','G','S','=','7','1','0','1','6','1','3','7',0x0D,0x0A,0xFF
```

```
;-----------------------------------------------------------------
;
org0x00;Vector reset
```

```
GOTOINICIO
```

```
;-------------------------------------------------------------------------------
                ;*******SERVICIO DE RUTINAS DE INTERRUPCION*******
```

```
;-------------------------------------------------------------------------------
                ;Verifica que tipo de interrupción ha sido generada.
```

```
;1- Pin INT (RB0): Si se da un flanco negativo en esta entrada.
```

```
;    a) Si se detecta un flanco negativo en el pin RB7  ;2- Cambio de estado en el PORTB.
```

```
org0x04;Vector de Interrupción  ;  b) Si se detecta un flanco negativo en el pin RB6
```

```
MOVWFW_TEMP;Carga el valor de W en un registro temporal
```

```
SWAPFSTATUS, W;Invierte los nibbles STATUS y lo coloca en W
```

```
MOVWFSTATUS_TEMP;Lo carga en un registro temporal
```

```
MOVWFFSR_TEMP;MOVFFSR, W;Guarda el valor de FSR en un registro temporal
```

```
MOVWFPCLATH_TEMP;MOVFPCLATH, W;Guarda el valor de PCLATH en un registro temporal
```

```
                                    BTFSCINTCON, INTF;Verifica la bandera de interrupción

GOTOLEER_SENSOR;Si, salta a rutina
```

BTFSCINTCON, RBIF;No, verifica silainterrupción fue provocada porun cambio de

```
;GOTOFIN_INT;GOTOLEER_BOTONES;estado en el PUERTOB.Si pasa a verificar las entradas.
```

```
*************************************************************************;V
    erifica si uno de los pulsadores conectados a la entrada de el puerto B ha sido
    ;presionado. Si es el pulsador conectado al pin 7 pasa a rutina de calibración del
    ;sensor de energía CS5460A. Si se ha presionado el pulsador conectado al pin 6 pasa
a ;rutina de registro de tiempo, para configurar el temporizador DS1302.Normalmente los
    ;puertos se encuentran en estado alto, por lo que si uno ha sido seleccionado pasara
                                a ;estado de cero lógico.
```

```
MOVLW 0xC0 ;CLRF STATUS ;Limpia el registro de estado LEER_BOTONES
```

```
BTFSCSTATUS, Z;Verifica si ambos están en bajoANDWFPORTB, W;Enmascara los bits <7,6>
```

```
GOTOFIN_INT;No,  finaliza rutina de interrupción
```

```
MOVWFREG_BOTON;Si, carga el valor del pueto en un registro
```

```
GOTOCAL_SENSOR;No, Pasa a subrrutinaBTFSSREG_BOTON, RB7;Verifica si el pin 7 esta en alto
```

```
BTFSSREG_BOTON, RB6;Si, Verifica si el bit 6 esta en alto
```

```
FIN_INTGOTOCONFIG_RELOJ;No, pasa a subrrutina
```

```
MOVFPCLATH_TEMP, W;Carga el valor del registro guardado antes de la inte-
```

MOVWFFSR;MOVFFSR_TEMP, W;MOVWFPCLATH;rrupción y lo carga en el registro correspondiente.

```
SWAPFW_TEMP, W;SWAPFW_TEMP, F;MOVWFSTATUS;SWAPFSTATUS_TEMP, W;
```

```
;RETFIE;Finaliza rutina de interrupciónBCFINTCON, RBIF;Limpia bandera de interrupción
```

```
;================================================================;
  **********LECTURA DE ENERGÍA DEL CS5460A**********
```

```
;===============================================================================
    Se ha registrado una solicitud de interrupción en en el pin INT (por medio de
;detección de un flanco negativo). Verifica el estado del puerto de entrada RB1, si es
    ;uno lógico, pasa a incrementar contador WHR que es el que lleva el registro de
  ;consumo de energía. Si es cero lógico, pasa a decrementarlo. El sensor de energía
       ;CS5460A emitirá un pulso en bajo por cada 10 watt hora que el registre.
```

;Cuando se registren 100 pulsos en registro WHR se incrementará en uno el registro KWH.

```
GOTODEC_WHR;Si es 0 pasa a decrementarBTFSSPORTB, RB1;Verifica pin EDIRLEER_SENSOR
```

INCFWHR, F;No,incrementa registro de Wattsegundo y verifica si hay

```
SUBWFWHR, W;Resta resgistro W con registro WHRMOVLW0x64;Carga 100d a registro W
```

```
BTFSSSTATUS, Z;¿Es cero el resultado?
```

```
CLRFWHR;Si, limpia registro WHRGOTOMOSTRAR_WHR;No, muestra el valor de WHR en la pantalla
```

```
MOVWFASCII_1;MOVWFASCII_0;MOVLW0x30;Carga cero a los registros
```

```
INCFSZKWH_L, F;Incrementa el registro KWH_L, ¿Es cero?
```

GOTOVERIF_KWH;No, pasa a verificar valores en registros KWH

```
INCFKWH_H, F;Si, Incrementa contador KWH_H
```

```
MOVLW 0x27;Carga valor 27h a registro WVERIF_KWH
```

```
BTFSSSTATUS, Z;¿Es el resultado cero?SUBWFKWH_H, W;Resta registro W con registro KWH_H
```

```
GOTOMOSTRAR_KWH;No, mostrar valores en registos KWH en LCD
```

```
SUBWFKWH_L, W;Resta registro W con registro KWH_LMOVLW0x10;Carga valor 10h a registro W
```

```
GOTO MOSTRAR_KWH;No, mostrar valores en pantalla LCDBTFSSSTATUS, Z;¿Es el resultado cero?
```

```
DEC_WHRGOTOMOSTRAR_KWH;Actualizar pantalla LCDCLRFKWH_H;CLRFKWH_L;Si, Limpiar registros
```

```
MOVLW 0xFF;Carga valor FFh a registro WDECFWHR, F;Decrementa registro WHR
```

```
BTFSSTATUS, Z;¿Es cero el resultado?SUBWFWHR, W;Resta registro W con registro WHR
```

```
MOVLW0x39;MOVWFWHR;MOVLW0x63;Si, carga 63h a WHRGOTOMOSTRAR_WHR;No, actualiza pantalla LCD
```

```
MOVLW0xFF;DECFKWH_L, F;Decrementa KHR_LMOVWFASCII_1;MOVWFASCII_0;
```

```
BTFSSSTATUS, Z;¿Es cero el resultado?SUBWFKWH_L, W;Resta registro W con registro WHR
```

```
DECFKWH_H, F;Si, decrementa registro KWH_HGOTOMOSTRAR_KWH;No, actualiza pantalla LCD
```

```
BTFSSSTATUS, Z;¿Es cero el resultado?SUBWFKWH_H, W;MOVLW0xFF;
```

```
GOTOMOSTRAR_KWH;No, actualiza pantalla LCD
```

```
MOVWFASCII_1;MOVWFASCII_0;MOVLW0x30;CLRFWHR;CLRFKWH_H;CLRFKWH_L;Si, limpia registros
```

```
FIN_LECGOTOMOSTRAR_KWH;Actualiza pantalla LCD
```

```
BCFINTCON, INTF;Limpia bandera de interrupción INT
```

```
GOTOFIN_INT;Regresa para finalizar rutina de interrupción
```

```
;######### SUBRRUTINA PARA MOSTRAR VALOR DE WHR EN PANTALLA LDC MOSTRAR_WHR###########
```

```
MOVWFL_TEMP;Traslada el valor a registro L_TEMPMOVFWHR, W;Carga valor de registro WHR a W
```

```
MOVWF H_TEMP;MOVLW 0x00;Carga cero en registro H_TEMP
```

```
CALLCONVER_HEXBCD;Llama subrrutina para convertir valor en BCD
```

```
ANDLW0x0F;Enmascara los primeros 4 bitsMOVFDEC0, W;Carga valor ya convertido en BCD
```

```
MOVWFASCII_0;ADDLW0x30;Suma 30 para pasar el valor a ASCII
```

```
ANDLW0x0F;Enmascara los primeros 4 bitsSWAPFDEC0, W;Intercambia los nibbles
```

```
MOVWFASCII_1;ADDLW0x30;Suma 30 para convertir valor en ASCII
```

```
GOTOACTUALIZAR_LCD;Llama a subrrutina para actualizar LCD
```

```
;#####SUBRRUTINA PARA MOSTRAR VALOR DE KWH_L Y KWH_H EN PANTALLA LCD  MOSTRAR_KWH#####
```

```
MOVWFL_TEMP;registro temporal L_TEMPMOVFKWH_L, W;Carga la parte baja del registro KWH en
```

```
MOVWFH_TEMP;registro temporal H_TEMPMOVFKWH_H, W;Carga la parte alta del registro KWH en
```

```
CALLCONVER_HEXBCD;LLama rutina para convertir a BCD
```

```
ANDLW0x0F;Enmascara los primeros 4 bitsMOVFDEC0, W;Carga la parte baja del valor en BCD
```

```
MOVWFASCII_2;Guarda en registroADDLW0x30;Suma 30 para convertir a ASCII
```

```
ANDLW0x0F;Enmascara los primeros 4 bitsSWAPFDEC0, W;Intercambia los nibbles
```

```
ADDLW0x30;ANDLW0x0F;MOVFDEC1, W;MOVWFASCII_3;ADDLW0x30;Suma 30 para convertir a ASCII
```

```
MOVWFASCII_5;ADDLW0x30;ANDLW0x0F;SWAPFDEC1, W;MOVWFASCII_4;
```

```
GOTOACTUALIZAR_LCD;Llama a subrrutina para actualizar LCD
```

```
;########################## CONVIERTE DE VALOR DE HEXADECIMAL A ASCII  ##########################
```

```
;Convierte el valor que se encuentra en el registro WHR a formato BCD, y luego a
;ASCII.
```

```
MOVWF CONTADOR2;Inicializa contadorMOVLWd'16';CONVER_HEXBCD
```

```
CLRF DEC0; CLRF DEC1; CLRFDEC2;Inicializa registros donde se almacena el dato en BCD
```

```
RLFDEC2, F ;RLFDEC1, F ;RLFDEC0, F ;RLFH_TEMP, F;M1RLFL_TEMP, F;
```

```
DECFSZ CONTADOR2, F ;Decrementa contador,y verifica si se completaron los 16
```

RETURNGOTOL3;bits. No pasa a siguiente bit

```
;*******************************************************************************
          L3MOVLWDEC0;Coloca la dirección del registro DEC0 en el registro W
```

```
MOVWFFSR ;Traslada la dirección al registro FSR
```

```
CALL AJUSTE2;LLama rutina para realizar ajuste decimal
```

```
MOVLWDEC1;Coloca la dirección del registro DEC1 en el registro W
```

```
MOVWFFSR ;Traslada la dirección al registro FSR
```

```
CALLAJUSTE2;Llama rutina para realizar ajuste decimal
```

```
MOVLWDEC2;Coloca la dirección del registro DEC2 en el registro W
```

```
MOVWFFSR ;Traslada la dirección al registro FSR
```

```
ADDWFINDF, W;MOVLW0x03;AJUSTE2GOTOM1CALLAJUSTE2;Llama rutina para realizar ajuste decimal
```

```
BTFSCTEMP, B7;MOVWFTEMP;ADDWFINDF, W;MOVLW0x30;MOVWFINDF;BTFSCTEMP, B3;MOVWFTEMP;
```

```
RETURNMOVWFINDF;
```

```
;##########################################################
;##########################################################
;##########################################################
```

```
;Despliega el valor convertido en la pantalla LCD ya en formato KWH con tres cifras y ;dos
                decimales
```

```
CALLLCD_CMD;MOVLW0x80;Carga la dirección de inicio de mensajeACTUALIZAR_LCD
```

```
MOVFASCII_5, W;Carga el carácter
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_4, W;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;Lo envía  a la pantalla
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_2, W;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_3, W;CALLRETRASO_1ms;
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x2E;envía el caracter '.'CALLRETRASO_1ms;
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_0, W;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_1, W;
```

```
; GOTOFIN_LEC;Regresa para finalizar rutina
```

```
;==========================================================;
; ********************CALIBRACION DE CS5460A*****************
```

```
;===============================================================================
   Deshabilita interrupciones. envía comando de paro de conversiones al sensor de
 ;energía CS5460A.Según el tipo de calibración a realizar se despliega un mensaje en
  ;pantalla. Una vez conectadas las debidas señales de calibración debe procederse a
    ;presionar el boton de calibración (conectado al pin 7 del puerto B). Cuando un
 ;proceso de calibración es finalizado, pasa a desplegarse el siguiente mensaje para
  ;indicar el nuevo tipo de calibración que se llevará a cabo. Las  calibraciones se
```

```
CAL_SENSOR;realizan en el siguiente orden offset DC, offset AC.
```

```
;BCFINTCON, GIECLRFSTATUS;Cambia a Banco0
```

```
**********************************************************************************;
CALIBRACIÓN DE OFFSET DC
```

```
MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01 ;Comando de limpieza;Envio de mensaje OFFSET DC
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x4F ;Envío de caracter 'O' a LCDCALLRETRASO;
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x46 ;'F'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x46 ;'F'
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x45 ;'E'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x53 ;'S'
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x54 ;'T'
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x44 ;'D'CALLLCD_ADDR;MOVLW0xC0 ;Dirección de inicio de siguiente linea
```

```
ESPERACALLRETRASO_10ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x43 ;'C'CALLRETRASO_1ms;
```

GOTOESPERA;No, esperaBTFSCPORTB, CAL;Verifica si se ha presionado botón CAL

```
CALLLCD_ADDR;MOVLW0xC0;Si, coloca dirección de incio de mensaje
```

```
MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x2E;Escribe caracter '.' en LCD
```

```
MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
;CALLRETRASO_10ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

**********;

CALIBRACIÓN DE OFFSET AC

```
MOVLW0x41;Envio de caracter 'A' a LCDCALLLCD_ADDR;MOVLW0xC0;Dirección de incio de mensaje
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x43 ;'C'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x20;Envio de caracter espacio ' 'CALLRETRASO_1ms;
```

```
CALLRETRASO_10ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x20;' 'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x20;' '
```

```
GOTOESPERA1;No, esperaBTFSCPORTB, CAL;Verifica si se ha presionado botón CALESPERA1
```

```
MOVLW0x2E;Envio de caracter '.'CALLLCD_ADDR;MOVLW0xC0;Si, dirección de incio de mensaje
```

```
MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
;FINALIZACION DE RUTINA DE CALIBRACION CALLRETRASO_10ms; CALLLCD_WRITE;
```

```
CALLLCD_CMD;MOVLW0x01 ;Comando limpieza de pantalla
```

```
;CALLRETRASO;MOVLWd'20';
```

```
**********************************************************************************;
Finalización de configuración
```

```
CLRFKWH_H;CLRFKWH_L;CLRFWHR;Inicializa los registros de lectura
```

```
BCFINTCON, RBIF;Limpio bandera de interrupción
```

```
GOTOFIN_INT;Pasa a finalizar rutina de interrupción
```

```
;#################### RUTINA PARA ENVIAR UN COMANDO AL CS5460##########################
```

```
CLRFSTATUS;Cambia a Banco0ENVIAR_COMANDO
```

```
BCFPORTC, CS;Habilita pin CS para comunicarse con el CS5460A
```

```
MOVFCOMANDO, W;Carga comando de inicio de conversiones
```

```
LOOP5BCFPIR1, SSPIF;Limpia la bandera de puerto SSPMOVWFSSPBUF;envía el comando al CS5460A
```

```
MOVFSSPBUF, WGOTOLOOP5;No, sigue esperandoBTFSSPIR1, SSPIF;Verifica si ya se dió el envio
```

```
RETURNBSFPORTC, CS;Si, deshabilita pin CS para finalizar la comunicación
```

```
;################ RUTINA PARA LEER DATOS DEL CS5460 POR 1/2 DE SPI ###################
```

```
CLRFSTATUS;Cambia a BancoOLEER_SPI
```

BCFPORTC, CS;Habilita pin CS para comunicarse con el CS5460A

```
MOVF COMANDO, W;Carga comando de inicio de conversiones
```

```
LOOP6BCFPIR1, SSPIF;Limpia la bandera de puerto SSPMOVWFSSPBUF;envía el comando al CS5460A
```

GOTOLOOP6;No, sigue esperandoBTFSSPIR1, SSPIF;Verifica si ya se dió el envio

```
MOVFSSPBUF, WBCFPIR1, SSPIF;Limpia bandera de interrupción
```

MOVWFSSPBUF;dato por SDOMOVFSYNC1, W;Envio de comandos SYNC por SDI mientras se recibe el

```
LOOP7BCFPIR1, SSPIF;Limpia la bandera de puerto SSP
```

```
GOTOLOOP7;No, continua verificandoBTFSSPIR1, SSPIF;Verifica si el dato ya fue enviado
```

```
MOVFSSPBUF, W;Lee el valor recibido del CS5460ABCFPIR1, SSPIF;Si, limpia bandera
```

```
MOVWFSSPBUF;MOVFSYNC1, W;MOVWFBYTE_H;Lo guarda en el registro MSB
```

```
LOOP8BCFPIR1, SSPIF;Limpia la bandera de puerto SSP
```

```
GOTOLOOP8;No, continua verificandoBTFSSPIR1, SSPIF;Verifica si el dato ya fue enviado
```

```
MOVWFBYTE_M;MOVFSSPBUF, W;Lee el valor recibidoBCFPIR1, SSPIF;Si, limpia bandera
```

```
LOOP9BCFPIR1, SSPIF;Limpia la bandera de puerto SSPMOVWFSSPBUF;MOVFSYNC1, W;
```

GOTOLOOP9;No, continua verificandoBTFSSPIR1, SSPIF;Verifica si el dato ya fue enviado

```
MOVWFBYTE_L;MOVFSSPBUF, W;Lee el valor recibidoBCFPIR1, SSPIF;Si, limpia bandera
```

```
RETURNBSFPORTC, CS;Si, deshabilita pin CS para finalizar la comunicación
```

```
;################## RUTINA PARA MANDAR LOS DATOS A CS5460A ##########################
```

```
BCFSTATUS, RP1;Cambia a Banco0 BCFSTATUS, RP0;ENVIO_SPI
```

BCFPORTC, CS;Habilita pin CS del CS5460A para iniciar envio

```
MOVWFSSPBUF;MOVFCOMANDO, W;BCFPIR1, SSPIF;Limpio bandera de interrupción del puerto SSP
```

```
MOVFBYTE_H, W;BCFPIR1, SSPIF;MOVFSSPBUF, W;GOTOLOOP10;BTFSSPIR1, SSPIF;LOOP10;
```

```
LOOP4MOVWFSSPBUF;Cargo el valor en el bufer de salida del puerto SPI
```

```
MOVFSSPBUF, WGOTOLOOP4;No está activa sigue esperandoBTFSSPIR1, SSPIF;Reviso bandera,
```

```
MOVFBYTE_M, WBCFPIR1, SSPIF;Si, la trasmisión se ha llevado a cabo, limpia bandera
```

```
LOOP11MOVWFSSPBUF;Cargo el valor en el bufer de salida del puerto SPI
```

```
MOVFSSPBUF, WGOTOLOOP11;No está activa sigue esperandoBTFSSPIR1, SSPIF;Reviso bandera,
```

```
MOVFBYTE_L, WBCFPIR1, SSPIF;Si, la trasmisión se ha llevado a cabo, limpia bandera
```

```
LOOP12MOVWFSSPBUF;Cargo el valor en el bufer de salida del puerto SPI
```

```
MOVFSSPBUF, WGOTOLOOP12;No está activa sigue esperandoBTFSSPIR1, SSPIF;Reviso bandera,
```

BCFPIR1, SSPIF;Si, la trasmisión se ha llevado a cabo, limpia bandera

```
;  RETURN;Es cero, transmisión completada, termina subrutina

                                                        BSFPORTC, CS
```

```
;=============================================================================================;***
    ************************CONFIGURACIÓN DE DS1302************************************
```

```
;=================================================================================;Mue
 stra en pantalla el registro de tiempo a ser configurado en el DS1302. A-año, M-;mes, D-
       día, h-hora7 m-minutos, s-segundos. El pulsador conectado al pin RB7 sirve
 ;para incrementar (el mismo para seleccionar calibración). El pulsador conectado al ;pin
  RB6 sirve para decrementar (utilizado también para seleccionar configurar ;reloj). El
             pulsador colocado en el pin RB5 se utiliza para entrar los datos.
```

```
BCF INTCON, GIE;Deshabilita interrupciones CONFIG_RELOJ
```

```
MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantallaCLRFSTATUS;Limpia el registro de estado
```

```
;CLRFSEGUNDOS;CLRFMINUTOS;CLRFHORA;CLRFDIA;CLRFMES;CLRFANO;Limpia registrosCALLRETRASO;
```

```
**************************************************************************************
;Selección de Año
```

```
CALLRETRASO;MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantalla
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x41;'A'CALLLCD_ADDR;MOVLW0x80;Dirección de incio de mensaje
```

```
MOVWF VALOR_INFERIOR;MOVLW 0x00;CALL RETRASO_10ms;CALL LCD_WRITE;MOVLW 0x3A;':'CALL RETRASO_1ms;
```

```
MOVLW0x63;MOVWFLIMITE_INFERIOR;MOVLW0x01;MOVWFVALOR_SUPERIOR;MOVLW0x64;
```

```
CALLCONTEO;Llama rutina para controlar botones y registrar el año MOVWFLIMITE_SUPERIOR;
```

```
MOVF DEC0, W;seleccionado.Guarda el valor seleccionado  en
```

```
; MOVWFANO;los registros temporales de año
```

```
*************************************************************************************
;Selección de Mes
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x4D;'M'CALLRETRASO;MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantalla
```

```
MOVLW0x0D;CALLRETRASO_10ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x3A;':'CALLRETRASO_1ms;
```

```
MOVWF LIMITE_SUPERIOR;MOVLW 0x0C;MOVWF VALOR_SUPERIOR;
```

```
CALLCONTEO;Llama rutina para controlar botones y registrar el mes
```

```
MOVFDEC0, W;seleccionado por el usuario.
```

```
; MOVWFMES;Carga el valor a los registros temporales de mes
```

```
**********;Selección de Fecha
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x44;'D'CALLRETRASO;MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantalla
```

```
MOVWF VALOR_SUPERIOR;MOVLW 0x20;CALL RETRASO_10ms;CALL LCD_WRITE;MOVLW 0x3A;':'CALL RETRASO_1ms;
```

```
MOVWFLIMITE_SUPERIOR;MOVLW0x1F;
```

```
MOVF'DEC0, W;del mesCALLCONTEO;Llama rutina para control de botones y registro  fecha
```

```
; MOVWFDIA;
```

**********;

Selección de Hora

```
CALLRETRASO;MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantalla
```

```
CALLRETRASO_10ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x3A;':'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x68;'h'
```

```
MOVLW0x00;MOVWFVALOR_SUPERIOR;MOVLW0x18;MOVWFVALOR_INFERIOR;MOVLW0xFF;
```

```
MOVWFLIMITE_SUPERIOR;MOVLW0x17;MOVWFLIMITE_INFERIOR;
```

```
CALLCONTEO;Llama rutina para controlar botones y registrar la hora
```

```
MOVWFHORA;MOVFDEC0, W;Carga el valor al registro temporal hora
```

```
; BCFHORA, B7;Selecciona modo 24h
```

```
**********;Selección de Minutos
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x6D;'m'CALLRETRASO;MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantalla
```

```
MOVWF VALOR_SUPERIOR;MOVLW 0x3C;CALL RETRASO_10ms;CALL LCD_WRITE;MOVLW 0x3A;':'CALL RETRASO_1ms;
```

```
MOVFDECO, W;CALLCONTEO;Llama rutina para controlar botones MOVWFLIMITE_SUPERIOR;MOVLW0x3B;
```

```
; MOVWFMINUTOS;
```

**********;

Selección de Segundos

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x73;'s'CALLRETRASO;MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantalla
```

```
CALLRETRASO_10ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x3A;':'CALLRETRASO_1ms;
```

```
MOVFDECO, W;CALLCONTEO;Llama rutina para controlar botones y registrar el año
```

```
CALLRETRASO_10ms;MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;MOVLW0x01;Limpia pantalla MOVWFSEGUNDOS;
```

```
BCFINTCON, RBIF;Limpia bandera de interrupciónCALLINIT_LCD;
```

```
FIN2GOTOFIN_INT;Pasa a finalizar rutina de interrupción
```

```
;##########################################################
;########## RUTINA PARA LLEVAR EL CONTEO ##################
```

```
;Verifica que pin ha sido seleccionado (cero), y procede ya sea a incrementar o
;decrementar el registro CONT. Verifica que el valor de dicho registro no se salga
de ;los límites seleccionados y esto se da pasa a corregir.
```

```
MOVWFREG_BOTON;L1MOVFPORTB, W;Lee puertoMOVWFCONT;MOVFLIMITE_INFERIOR, W;CONTEO
```

```
ANDWFREG_BOTON, F;MOVLW0xE0;Enmascara los dos bits más altos
```

```
BTFSSREG_BOTON, RB7;Verifica si se ha presionado el boton CAL (RB7)
```

```
INCFCONT, F;Si, pasa a rutina para incrementar registro
```

```
BTFSSREG_BOTON, RB6;No, pasa a verificar si se presionó boton decrementar
```

```
DECFCONT, F;Si, pasa a rutina para decrementar registro
```

```
GOTOFIN_CONTEO;Si, finaliza conteoBTFSSPORTB, RB5;Verifica si se ha presionado el boton
```

```
MOVFVALOR_SUPERIOR, W;No, verifica si el valor en el contador no sobrepasa los
```

```
GOTO CORREGIR_LIMITE_SUPERIORBTFSCSTATUS, Z;SUBWFCONT, W;limites del registro a configurar
```

```
SIG_L1GOTOCORREGIR_LIMITE_INFERIORBTFSCSTATUS, Z;SUBWFCONT, W;MOVFVALOR_INFERIOR, W;
```

```
CALLMOSTRAR_VAL;Muestra el valor presente en los registros de conteo
```

```
CORREGIR_LIMITE_SUPERIOR  RETURN;FIN_CONTEOGOTOL1;Espera a que se presione algún botón
```

```
MOVFLIMITE_INFERIOR, W;Carga el valor mínimo que puede seleccionarse
```

```
GOTOSIG_L1;Continua con la rutina de conteoMOVWFCONT;Carga el valor al contador
```

CORREGIR_LIMITE_INFERIOR

MOVFLIMITE_SUPERIOR, W;Carga el valor máximo que puede seleccionarse

```
GOTOSIG_L1;Continua con la rutina de conteoMOVWFCONT;Carga el valor al contador
```

```
;########################## MOSTRAR VALOR EN PANTALLA LCD ##########################
```

```
MOVFCONT, W;Carga el valor que ha alcanzado el registroMOSTRAR_VAL
```

```
MOVLW0x82;Dirección de inicioCALLCONVER_ASCII;Llama a rutina para pasa el dato a ASCII
```

400

```
CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_1, W;CALLLCD_ADDR;Configura dirección en LCD y envía caracteres
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x20;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_0, W;CALLRETRASO_1ms;
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x20;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x20;CALLRETRASO_1ms;
```

```
RETURNCALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x20;CALLRETRASO_1ms;
```

```
;################## PASA UN VALOR DE HEXA A BCD Y DESPUÉS A ASCII ####################
```

```
MOVWF DATO_HEX;Carga el valor a convertir en el registro
```

```
MOVWF CONTADOR2;Inicializa contadorMOVLW 0x08;BCF STATUS, C ;Limpia bit de acarreo
```

```
RLFDEC1, F ; RLFDEC0, F ;                    CONVERTIRCLRF DEC0; CLRF DEC1;

                              RLFDATO_HEX, F ;
```

```
DECFSZ CONTADOR2, F ;Decrementa contador,verifica si se completaron los 16
```

```
MOVFDEC0, W;Carga el valor seleccionado por el usuarioGOTOL2;bits. No pasa a siguiente bit
```

```
ADDLW0x30;Suma 30 para convertirlo en ASCIIANDLW0x0F;Enmascara los primeros 4 bits
```

```
SWAPFDEC0, W;Intercambia los nibles del registro y los coloca en WMOVWFASCII_0;
```

```
                                        ANDLW0x0F;Enmascara los primeros 4 bits

ADDLW0x30;Suma 30 para convertirlos en ASCII
```

```
RETURN;MOVWFASCII_1;ADDLW0x30
```

```
L2MOVLWDEC0;Coloca la dirección del registro DEC0 en el registro W
```

```
MOVWFFSR ;Traslada la dirección al registro FSR
```

```
CALL AJUSTE3;Llama rutina para realizar ajuste decimal
```

```
MOVLWDEC1;Coloca la dirección del registro DEC1 en el registro W
```

```
MOVWFFSR ;Traslada la dirección al registro FSR
```

```
            AJUSTE3GOTOCONVERTIRCALLAJUSTE3;Llama rutina para realizar ajuste decimal

MOVLW0x03;
```

```
ADDWFINDF, W;
```

```
BTFSCTEMP,7;MOVWFTEMP;ADDWFINDF, W;MOVLW0x30;MOVWFINDF;BTFSCTEMP, 3;MOVWFTEMP;
```

```
RETURN;MOVWFINDF;
```

```
;-------------------------------------------------------------
;**********PROGRAMA PRINCIPAL**********
```

```
;INICIO
```

**********;
CONFIGURACIÓN DE PUERTOS;

```
;El PUERTO A se encarga de controlar al temporizador DS1302 <2:0>.
```

```
;El PUERTO B maneja <1:0> registra los pulsos obtenidos del CS5460A para el
registro ;de la energía, <7:5> controla los botones de Calibración del CS5460A (7),
;Configuración de reloj (6) y selección (5).
```

```
;PUERTO C controla la comunicación serial al CS5460A por medio de SPI
```

```
;PUERTO D se utiza como salida de datos hacia la pantalla LCD
```

```
;;PUERTO E se utiliza para controlar la pantalla LCD
```

```
CLRFPORTA;Inicializa el puerto ABSFSTATUS, RP0CLRFSTATUS;Limpia registro de estado Banco0
```

```
CLRFPORTC;Inicializa el puerto CCLRFPORTB;Inicializa el puerto B
```

```
CLRFPORTE;Inicializa el puerto ECLRFPORTD;Inicializa el puerto D
```

```
BSF STATUS, RP0;Cambia a Banco1
```

```
MOVWF   TRISA;MOVLW0x20;Puertos <5:0> son salidas
```

```
MOVWF  TRISB;MOVLW0xFF;Puertos <1:0> y <4:3> son entradas los demás salidas
```

```
MOVWF  TRISC;MOVLW0x10;Puertos <3:0>  y <7:5> son salidas <4> es entrada
```

```
MOVLW0x00;Puertos <3:0> son salidasMOVWF  TRISD;MOVLW0x00;Puertos <7:0> son salidas
```

```
BSFPORTC, 6;BSFPORTC, 7;BSFPORTC, 0;BCFPORTA, 3;BCFPORTA, 5;BSFPORTA, 4;MOVWF  TRISE;
```

```
*
*
*
```

```
CLRFSTATUS;Limpia el registro de estado;HABILITANDO INTERRUPCIONES
```

```
BSF STATUS, RP0;Cambia a Banco1CLRF INTCON;Limpia el registro INTCON
```

```
MOVLW0x00;Habilito PORTB pull-up,selecciona flanco negativo para
```

```
BCFSTATUS, RP0;Cambia a Banco0MOVWFOPTION_REG;activar interrupción en el pin INT.
```

```
BSFINTCON, INTE;Habilita interrupciones por medio del pin INT
```

```
;BSFPORTC, CSBSFINTCON, RBIE;Habilita interrupción por cambios en el puerto B
```

```
;*****************************************************************************
                    CONFIGURACION DE PUERTO SPI
```

```
MOVLW0x21;CLRFSTATUS;Cambia a Banco0
```

```
BSFSTATUS, RP0;Cambio a Banco1MOVWFSSPCON;Habilita SSP modo maestro,reloj=FOSC/4, CKP=0
```

```
MOVWF SSPSTAT;Dato muestreado al final del tiempo de salida, MOVLW 0xC0;
```

```
;transmite en el flanco positivo del SCK
;
```

```
;*****************************************************************************
                        CONFIGURACIÓN DE PUERTO USART
```

```
MOVWF TXSTA;MOVLW 0x24;Habilita transmisión, Baud rate alta velocidad
```

```
BCFSTATUS, RP0;Cambio a Banco0MOVWFSPBRG;MOVLW0x26;Baud rate de 9600bps
```

```
MOVWFRCSTA;MOVLW0x90;Habilitación de puerto serial, recepción continua
```

```
;**********************************************************************
        BCFSTATUS, RP0;Cambia a Banco0
```

```
CLRFKWH_H;CLRFKWH_L;CLRFWHR;MOVWFSYNC1;MOVLW0xFF;MOVWFSYNC0;MOVLW0xFE;Incializa variables
```

```
MOVWFASCII_5;MOVWFASCII_4;MOVWFASCII_3;MOVWFASCII_2;MOVWFASCII_1;MOVWFASCII_0;MOVLW0x30;
```

```
CALLINIT_LCD;Llama a rutina para inicializar pantall LCDBSFPORTB, DTRBSFPORTB, RTS;
```

```
INTERRUPTCALLINIT_SENSOR;Llama a rutina para inicializar pantalla sensor CS5460A
```

```
;BSFINTCON, GIE;Habilita interrupciónes
```

```
*************************************************************************;V
  erifica si la hora y la fecha actual registrada por el DS1302 coincide con la hora y
    ;fecha progamados para realizar el envio del consumo total de energía registrado
                    hasta ;ese momento al MODEM GSM y a la pantalla
```

```
MOVWFDIRECCION;MOVLW0x85;Comando de lectura de registro segundosVERIF_FECHA_HORA
```

```
MOVWFHORA_TEMPO;MOVFTEMPO, W;CALLLEER_RELOJ;
```

```
CALLLEER_RELOJ;MOVWFDIRECCION;MOVLW0x83;Comando de lectura de registro minutos
```

```
MOVLW0x87;Comando de lectura de registro segundosMOVWFMINUTOS_TEMPOMOVFTEMPO, W;
```

```
CALLLEER_RELOJ;Llama a rutina para leer registro en el DS1302MOVWFDIRECCION;
```

```
;MOVWFDIA_TEMPO;MOVFTEMPO, W;Carga el valor leído en W
```

**********;Verificación de hora y fecha

```
SUBWFMINUTOS_TEMPO, WMOVLW0x01
```

```
BTFSSTATUS, Z;Verifico si el valor del registro minutos es cero
```

```
BTFSSTATUS, ZANDWFHORA_TEMPO, WMOVLW0xFF;GOTOFIN_VERIF;No finaliza revisión de hora
```

```
MOVLW 0x01 ;GOTO FIN_VERIF ;No, finaliza la revisión de hora
```

```
SUBWFDIA_TEMPO, W;Verifica si es el primer día del mes
```

```
BCFINTCON, GIE;GOTO FIN_VERIF;No, finaliza la revisión de fechaBTFSSSTATUS, Z;
```

```
MOVLWd'20';CALLLCD_CMD;envía comando a LCDMOVLW0x01;Comando para limpiar pantalla
```

```
;CALLRETRASO_10ms;
```

```
;**********************************************************;Actu
        aliza pantalla LCD
;**********************************************************
```

```
MOVLW0x30;envía caracter '0'CALLLCD_ADDR;MOVLW0x80;Dirección de incio de mensaje
```

```
MOVLW0x30;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
MOVLW0x30;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_5, W;CALLLCD_ADDR;MOVLW0xC1;Dirección de incio de mensaje
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_3, W;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_4, W;CALLRETRASO_1ms;
```

```
MOVLW0x2E;envía caracter '.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_2, W;CALLRETRASO_1ms;
```

```
MOVFASCII_0, W;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVFASCII_1, W;CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
*
*
*
```

```
MOVLWBYTE1CALLRETRASOMOVLWd'50';ENVIO DE COMANDO AT+CMGF=1BTFSCPORTC, DSRBCFPORTA, DTR
```

```
MOVLW 0x99
CLRF CONTMOVW
FSR
```

```
CALLMODEM_ENVCLRFSTATUSMOVWFEEADRBSFSTATUS, RP1
```

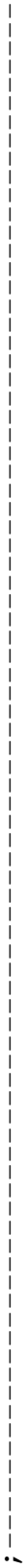
```
;-----------------------------------------------------------
;RECEPCION DE RESPUESTA DEL MODEM
```

```
GOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE1MOVFRCREG, WGOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFBCFPORTA, RTS
```

```
GOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE3MOVFRCREG, WGOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE2MOVFRCREG, W
```

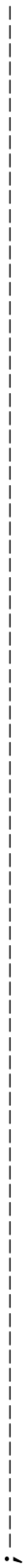
```
GOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE5MOVFRCREG, WGOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE4MOVFRCREG, W
```

```
BSFPORTA, RTSMOVWFBYTE6MOVFRCREG, W
```



```
=============================================================================;;
                    ENVIAR COMANDO AT+CMGS=#TEL
```

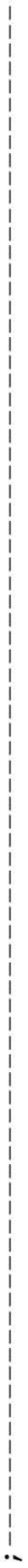
```
CLRFSTATUSMOVWFEEADRBSFSTATUS, RP1MOVLW0xA5MOVWFFSRMOVLWBYTE1CLRFCONTCALLRETRASOMOVLWd'50'
```



```
MOVFRCREG, WGOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFBCFPORTA, RTS;RECECPCION DE RESPUESTA DEL MODEM
```

```
MOVFRCREG, WGOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE2MOVFRCREG, WGOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE1
```

```
BSFPORTA, RTSMOVWFBYTE4MOVFRCREG, WGOTO$-1BTFSSPIR1, RCIFMOVWFBYTE3
```



==========;;

ENVIO DE MENSAJE

```
MOVWFTXREGMOVLW0x30GOTO$-1BTFSCPORTA, CTSMOVWFFSRMOVLWBYTE1CLRFCONTCALLRETRASOMOVLWd'50'
```

```
MOVWFTXREGMOVLW0x30GOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOPMOVWFTXREGMOVLW0x30GOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOP
```

```
MOVWFTXREGMOVLW0x31GOTO$-1BTFSSPIR1, TXIF   MOVWFTXREGMOVLW0x30GOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOP

                                            NOP
```

```
BTFSSPIR1, TXIFNOP
```

NOPMOVWFTXREGMOVFASCII_4, WGOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOPMOVWFTXREGMOVFASCII_5, W

GOTO$-1

```
MOVFASCII_2, WGOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOPMOVWFTXREGMOVFASCII_3, WGOTO$-1BTFSSPIR1, TXIF
```

```
GOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOPMOVWFTXREGMOVLW0x2EGOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOPMOVWFTXREG
```

```
MOVWFTXREGMOVFASCII_0, WGOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOPMOVWFTXREGMOVFASCII_1, W
```

```
CLRFKWH_LCLRFWHRGOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOPMOVWFTXREGMOVLW0x26GOTO$-1BTFSSPIR1, TXIFNOP
```

```
FIN_VERIFBSFINTCON, GIE;Habilitar interrupciones nuevamenteCALLRETRASO_1minCLRFKWH_H
```

;GOTOVERIF_FECHA_HORA;Finaliza verificación

```
;=============================================================;
  ************INICIALIZACION DE CS5460A**********************
```

```
;=============================================================
;=============================================================
INIT_SENSOR
```

```
CLRFSTATUS;Cambia a Banco0;Registro de configuración
```

```
MOVLW0x40;Habilita lectura del registro de configuración
```

```
MOVWFCOMANDO;Carga el valor anterior en el registro comando
```

```
MOVLW0x00;Carga el valor del registro de configuración,
```

```
MOVWFBYTE_H;K=1,  ganancia de canal de corriente = 10
```

```
MOVLW0x00;Funcionamiento normal para pines EOUT y EDIR,
```

```
MOVWFBYTE_M;interrupcion habilitada por medio de un pulso en bajo.
```

```
MOVLW0x81;Habilita ciclo de reinicio,K=1,deshabilita filtros paso
```

```
MOVWFBYTE_L;alto en ambos canales.
```

```
MOVFSYNC1,W;CALLENVIO_SPI;Llama a rutina de comunicación por medio de puerto SPI
```

```
;CALLENVIO_SPI;MOVWFBYTE_L;MOVFSYNC0, W;MOVWFBYTE_M;MOVWFBYTE_H;MOVWFCOMANDO;
```

```
**********************************************************;R
      egistro de control
```

```
MOVLW0x78;Habilita lectura de registro,direcciona reg.de controlCLRFSTATUS;Cambia a Banco0
```

```
MOVWFCOMANDO;Carga el valor anterior en el registro
```

```
MOVWFBYTE_H;Lo traslada al registroMOVLW0x00;Carga el byte más significativo
```

```
MOVWFBYTE_M;Lo traslada al registroMOVLW0x00;Carga el byte medio
```

```
MOVLW0x08;Funcionamiento normal para EOUT y EDIR, sincroniza
```

MOVWFBYTE_L;el convertidor con el comando de inicio de conversión,

```
;CALLENVIO_SPI;funcionamiento normal para CPUCLK.
```

```
**********************************************************;R
    egistro Pulse Rate
```

```
CLRFSTATUS;Cambia a Banco0
```

```
MOVWFCOMANDO;MOVLW 0x4C;Habilita escritura y direcciona registro de Pulse-Rate
```

```
MOVLW 0x55 ;MOVWFBYTE_H;MOVLW 0x01;Carga el valor de pulse-rate en 8 bytes (611.11Hz)
```

```
CALLENVIO_SPI;envía al CS5460 por medio del puerto SPIMOVWFBYTE_L;MOVLW0x4B;MOVWFBYTE_M;
```

```
MOVWF COMANDO;Transfiere al registroMOVLW 0xE8;Cargo comando de inicio de conversión
```

```
CALLENVIAR_COMANDO;Envio la orden al CS5460A que reinicie las conversiones
```

```
;GOTOINTERRUPT
```

```
;================================================================;
  **********INICIALIZACION DE PANTALLA LCD**********
```

```
;==========================================
;==========================================
INIT_LCD
```

```
MOVLW0xC8;Retraso de 15mSCLRFPORTDCLRFPORTE;Limpia los puertos de salida
```

```
CALLRETRASO;Llama a rutina de retraso de 0.1 mS
```

```
MOVWFPORTD;Carga el dato en el puertoMOVLW0x38;envía el comando de inicialización
```

```
BSF PORTE, E;Setea el puerto para activar pin Enable en la LCD
```

```
MOVLW0x32;Genera un retraso de 5mSBCFPORTE, E;Deshabilita el pin Enable en la LCD
```

```
MOVLW0x38;Carga el comando de inicialización CALL RETRASO;
```

```
BSFPORTE, E;Habilita pin E de la LCDMOVWFPORTD;Carga el comando en el bus de datos
```

```
;CALLRETRASO;MOVLW0x02;Genera un retraso de 100uSBCFPORTE, E;Deshabilita pin E de la LCD
```

```
*************************************************************************;
```

Envio de palabras de configuración

```
MOVLW0x38;envía comando de inicialización
```

```
CALLLCD_CMD;Llama rutina para enviar comando a la LCD
```

```
MOVLW0x38;Configuración de  Function Set, Bus de 8 bits, 2 filas,
```

```
CALLLCD_CMD;5x7 puntos. envía comando a la LCD
```

```
MOVLW0x0C;Configuración de Display Control, pantalla encendida,
```

```
CALLLCD_CMD;cursor apagado, no intermitente. envía comando a la LCD
```

```
CALLLCD_CMD;envía a la LCDMOVLW0x01;Comando Clear Display
```

```
;CALLRETRASO;MOVLW0x02;Genera un retraso de 100uS
```

```
*************************************************************************;
```

Envio de palabras de configuración

```
MOVLW0x38;envía comando de inicialización
```

```
CALLLCD_CMD;Llama rutina para enviar comando a la LCD
```

```
MOVLW0x38;Configuración de  Function Set, Bus de 8 bits, 2 filas,
```

```
CALLLCD_CMD;5x7 puntos. envía comando a la LCD
```

```
MOVLW0x0C;Configuración de Display Control, pantalla encendida,
```

```
CALLLCD_CMD;cursor apagado, no intermitente. envía comando a la LCD
```

```
CALLLCD_CMD;envía a la LCDMOVLW0x01;Comando Clear Display
```

```
CALLRETRASO;MOVLW0x14;Genera un retraso de 2mS
```

```
MOVLW0x06;Comando Entry Mode Set,incremental,no esplazamiento del
```

```
CALLLCD_CMD;texto. envía el comando a la LCD
```

```
MOVLW0x14;Comando Cursor and Display Shift, despl.a la derecha
```

```
MOVLW0x01;Comando para limpiar pantallaCALLLCD_CMD;envía comando a la LCD
```

```
CALLRETRASOMOVWFTIMEMOVLW0x14;Retardo de 2mSCALLLCD_CMD;envía comando a LCD
```

```
CALLLCD_ADDR;;**********************************************************
        MOVLW0x80;Dirección de incio de mensaje
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;envía caracter '0'
```

```
MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;
```

```
MOVLW0x2E;'.'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
CALLLCD_ADDR;MOVLW0xC1;Dirección de incio de mensajeCALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;envía caracter '0'
```

```
CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;
```

```
MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x2E;envía caracter '.'CALLRETRASO_1ms;
```

```
CALLLCD_WRITE;
```

```
RETURNCALLRETRASO_1ms;CALLLCD_WRITE;MOVLW0x30;'0'CALLRETRASO_1ms;
```

```
;##########################################################
;########## RUTINAS DE ENVIO DE COMANDO ###################
;##########################################################
```

```
LCD_CMD;A pantalla LCD. Condiciones RS=0 y R/W=0;Envio de comando a pantalla LCD
```

```
MOVWFPORTD;Carga en el bus de datos valor a transmitirBCFPORTC, RW;BCFPORTE, RS;
```

```
BSFPORTE, E;Habilita pin Enable para iniciar transmisión a LCD
```

```
CALLRETRASO;Genera un retraso de 20mSMOVLW0xC8;BCFPORTE, E;Deshabilita pin enable
```

```
;RETURNCALLRETRASO;Genera un retraso de 20mSMOVLW0xC8;
```

```
;*****************************************************************************
                    Rutina de envio de dirección a parantalla LCD
```

```
MOVWFPORTD;Carga la direcciónBCFPORTE, RS;Deshabilita pin RS. Envio de InstrucciónLCD_ADDR
```

```
MOVWF TIME;MOVLW 0xC8;BCF PORTE, E;Deshabilita pin EnableBSF PORTE, E;Habilita pin Enable
```

```
RETURNCALLRETRASO;Retardo de 20mSMOVWFTIME;MOVLW0xC8;CALLRETRASO;Retardo de 20mS
```

```
;;**********************************************************************
;;
;;                    Rutina envio de caracter a LCD
;;
;;**********************************************************************
```

```
BSFPORTE, RS;Habilita pin RS. Envio de un DatoLCD_WRITE
```

```
BSFPORTE, E;Habilita pin EnableMOVWFPORTD;Carga caracter a mostrar en pantalla
```

```
CALLRETRASO;Retardo de 20mSMOVWFTIME;MOVLW0xC8;BCFPORTE, E;Deshabilita pin Enable
```

```
RETURNCALLRETRASO;Retardo de 20mSMOVWFTIME;MOVLW0xC8;
```

```
;##########################################################
;########## RUTINAS DE RETARDO ############################
;##########################################################
```

RETRASO;Genera un retraso de 0.1mS. El tiempo total sera a igual al producto de TIME*0.1mS

```
LOOPMOVWFNUMERO1;MOVLWd'200';LOOP2MOVWFTIME;Carga el valor de duración de retraso
```

```
DECFSZTIME, F;Decrementa,GOTOLOOP;DECFSZNUMERO1, F;Genera un retraso de 0.1mS
```

```
RETURN;Si, finaliza rutinaGOTOLOOP2;No es cero, vuelve a generar una espera de 0.1mS
```

```
;*****************************************************************
        RETRASO_1ms
```

```
MOVLW0x64;Carga  el valor 100 en hexadecimal (genera un retrasoRET_100
```

MOVWFTIME;de 1ms). Carga la el valor en un registro temporal

```
CALLRETRASO;LLama a rutina de retraso (genera un retraso de 0.1ms)
```

```
RETURN;Fin de rutina
```

```
;
*****************************************************************************
RETRASO_10ms
```

```
RET_10MOVWFTIME2;MOVLWd'10';
```

```
MOVWFTIME;1ms)MOVLW0x64;carga valor de 100 en hexadecimal(genera un retraso de
```

```
CALLRETRASO;Llama rutina de retraso (genera un retraso de 0.1ms)
```

```
DECFSZTIME2, 1;Decrementa, verifica si es cero
```

RETURN;Si, finaliza interrupciónGOTORET_10;No, vuelve a generar un retraso de 1ms

```
;
**********************************************************************
RETRASO_1min
```

```
RET2_10MOVWFTIME2;MOVLWd'10';RETR_100MOVWFTIME3;MOVLWd'200';
```

```
MOVWFTIME;1ms)MOVLW0x64;carga valor de 100 en hexadecimal (genera un retraso de
```

```
CALLRETRASO;Llama rutina de retraso (genera un retraso de 0.1ms)
```

```
DECFSZTIME2, 1;Decrementa, verifica si es cero
```

```
GOTORETR_100;DECFSZTIME3, 1;GOTORET2_10;No, vuelve a generar un retraso de 1ms
```

```
RETURN;Si, finaliza interrupción
```

```
;##########################################
;########## RUTINA PARA LEER DATOS DEL DS1302 ##########
;##########################################
```

```
BCFPORTA, SCLK;Pone en bajo la salida de relojLEER_RELOJ
```

```
BCFPORTA, RA1;Limpia puerto I/ONOP;Genera retardoNOP;NOP;NOP;
```

```
MOVFDIRECCION, W;DS1302. Carga la dirección del registro a leer
```

```
RETURN;Fin de rutinaBCFPORTA, RST;Pone en bajo el pin RST para finalizar transmisión
```

```
; ;##########################RUTINAS DE COMUNICACION CON MODEM##########################
```

```
Subrrutina de envio de comandos al modem. Lee comandos AT guardados en la EEPROM y
          ;los envia al modem
```

```
NEXTGOTO$-1;BTFSCPORTA, CTS;Verifica que el modem este listo para recibirMODEM_ENV
```

```
BSFSTATUS, RP0;Cambia a Banco3BSFSTATUS, RP1;
```

BCFEECON1, EEPGD;Limpia el bit EEPGD para apuntar a la memoria de datos

```
BCFSTATUS, RP0;Cambia a Banco2BSFEECON1, RD;Pone en uno para iniciar operación de lectura
```

```
MOVFEEDATA,W;Lee el valor obtenido de la EEPROM
```

INCFEEADR, F;Incremento para apuntar dirección del siguiente byte

```
MOVLW0xFF;MOVWFBYTE1;Verifica si el Byte es igual a 0xFFBCFSTATUS, RP1;Cambio a Banco0
```

```
GOTOFIN;Si, finaliza transmisiónBTFSCSTATUS,2;XORWFBYTE1, W;
```

```
NOP;MOVWFTXREG;MOVFBYTE1, W;No, transmite byte hacia el modem
```

GOTO$-1;No, sigue esperandoBTFSSPIR1, TXIF;Verifica si la transmisión se ha completado

```
FIN RETURN;GOTONEXT;Si, pasa a transmitir siguiente byte
```

```
;*****************************************************************
;*****************************************************************
;*****************************************************************
```

APENDICE D
CODIGO FUENTE PARA RUTINA DE RECEPCION DE MENSAJES*

* El codigo se realizó en Visual Basic 6.0

PROGRAMA DE INICIALIZACIÓN DE COMUNICACIÓN CON MODEM

```
'Declaracion de variables
Option Explicit
Dim comando1 As Variant
Dim comando2 As Variant
Dim comando3 As Variant
Dim comando4 As Variant
Dim datorecibido As Variant
Dim datoenviado As Variant
Dim confirmacion As Variant
Dim valor As Variant
Dim resultado As Variant
Dim Mensaje As Variant
Private Sub Command3_Click()
MSComm1.PortOpen = False
Form2.Show
End Sub
Private Sub Form_Load()
comando1 = "AT"
comando2 = "AT+CREG?"
comando3 = "AT+CSQ"
comando4 = "AT+CNMI=2,2,0,0,0"
confirmacion = Chr$(13) + Chr$(10) + "OK" + Chr$(13) + Chr$(10)
End Sub
Private Sub Command1_Click()
'Inicialización de puerto serial
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.Handshaking = comRTS
MSComm1.RThreshold = 1
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1.SThreshold = 1
MSComm1.PortOpen = True
'-----------------------------------------------------
'Inicialización y configuración de MULTIMODEM GPRS
'-----------------------------------------------------
'Verificación de comunicación con MODEM
datorecibido = ""
datoenviado = ""
valor = 10000
datoenviado = comando1 + Chr$(13) + Chr$(10)
MSComm1.Output = datoenviado

Do Until valor = 0
```

```
If MSComm1.InBufferCount <> 0 Then
datorecibido = MSComm1.Input
   If datorecibido = confirmacion Then
   Text1.Text = "Comunicación serial.....OK"
   Else
   Text1.Text = "Comunicación serial.....FALLO"
   MSComm1.PortOpen = False
   GoTo Salir
   End If
End If
valor = valor - 1
Loop

If datorecibido = "" Then
MsgBox ("El MODEM no esta lista listo, espere he intente nuevamente")
MSComm1.PortOpen = False
GoTo Salir
End If
'-------------------------------------------------------
'Verificación de registro en la red
valor = 10000
confirmacion = Chr$(13) + Chr$(10) + "+CREG: 0,1" + Chr$(13) + Chr$(10)
datoenviado = comando2 + Chr$(13) + Chr$(10)
MSComm1.Output = datoenviado

Do Until valor = 0
If MSComm1.InBufferCount <> 0 Then
datorecibido = datorecibido + MSComm1.Input
End If
valor = valor - 1
Loop

resultado = Mid(datorecibido, 7, 14)
If resultado = confirmacion Then
Text2.Text = "Registro en la red.....OK"
Else
Text2.Text = "Registro en la red.....FALLO"
MSComm1.PortOpen = False
GoTo Salir
End If

If datorecibido = "" Then
MsgBox ("No hay comunicación con MODEM, intente nuevamente")
MSComm1.PortOpen = False
GoTo Salir
```

```
End If
'-----------------------------------------------------
'Veficicación de fuerza de la señal de red
datorecibido = ""
valor = 10000
confirmacion = Chr$(13) + Chr$(10) + "+CSQ: 99,0" + Chr$(13) + Chr$(10)
datoenviado = comando3 + Chr$(13) + Chr$(10)
MSComm1.Output = datoenviado

Do Until valor = 0
If MSComm1.InBufferCount <> 0 Then
datorecibido = datorecibido + MSComm1.Input
End If
valor = valor - 1
Loop

resultado = Mid(datorecibido, 1, 14)
If resultado <> confirmacion Then
Text3.Text = "Nivel de señal.....OK"
Else
Text3.Text = "Nivel de señal.....INSUFICIENTE"
MSComm1.PortOpen = False
GoTo Salir
End If

If datorecibido = "" Then
MsgBox ("No hay comunicación con MODEM, intente nuevamente")
MSComm1.PortOpen = False
GoTo Salir
End If
'-----------------------------------------------------
'Configuración de recepción SMS para MODEM
valor = 10000
confirmacion = Chr$(13) + Chr$(10) + "OK" + Chr$(13) + Chr$(10)
datoenviado = comando4 + Chr$(13) + Chr$(10)
MSComm1.Output = datoenviado

Do Until valor = 0
If MSComm1.InBufferCount <> 0 Then
datorecibido = MSComm1.Input
   If datorecibido = confirmacion Then
   Text4.Text = "Recepción SMS.....OK"
   Command3.Enabled = True
   Command1.Enabled = False
   Else:
```

```
    Text4.Text = "Configuración Recepción SMS.....FALLO"
    MSComm1.PortOpen = False
    GoTo Salir
    End If
End If
valor = valor - 1
Loop

If datorecibido = "" Then
MsgBox ("No hay comunicación con MODEM, intente nuevamente")
MSComm1.PortOpen = False
GoTo Salir
End If

GoTo Salir

Error:
MsgBox ("Error al intertar abrir el puerto COM1: " + Err.Description)

Salir:
End Sub
Private Sub Command2_Click()
If MSComm1.PortOpen = True Then
MSComm1.PortOpen = False
End If
End
End Sub
```

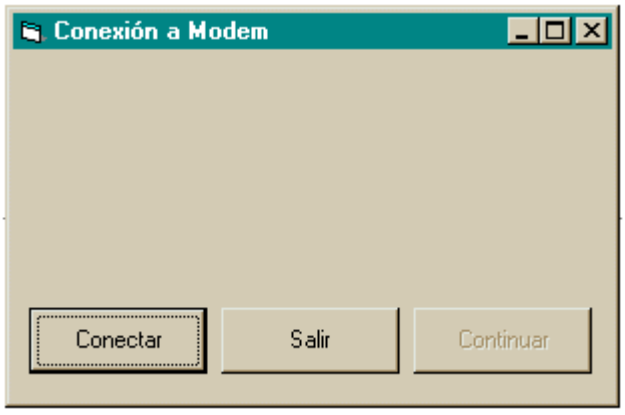


FIGURA D-1 Al presionar el botón Conectar se inicializará la comunicación con el modem y se cofigurará la recepción de SMS

FIGURA D-2 Una vez inicializado se habilitará el botón Continuar, el cual permite la recepción

PROGRAMA DE RECEPCIÓN DE MEDICIONES

```
Dim SMSnumber As Variant
Dim Mensajerecibido As Variant
Dim Longitud As Variant
Dim Medidor As Variant
Dim Telefono As Variant
Dim Consumo As Variant
Dim Fecha As Variant
Dim Hora As Variant
Dim Año As Variant
Dim Dia As Variant
Dim Mes As Variant
Private Sub Command1_Click()

If MSComm1.PortOpen = True Then
MSComm1.PortOpen = False
End If

End
End Sub

Private Sub Form_Load()
'Oculta forma inicial
Form1.Hide
'Inicialización de variables
```

```
SMSnumber = 0
Mensajerecibido = ""

'Configuración de Puerto Serie y Timer
MSComm1.CommPort = 1
MSComm1.Handshaking = comRTS
MSComm1.RThreshold = 1
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1.SThreshold = 1
MSComm1.PortOpen = True
Timer1.Enabled = True

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

If MSComm1.InBufferCount <> 0 Then
Mensajerecibido = Mensajerecibido + MSComm1.Input
Text4.Text = Mensajerecibido

'Separación de información del SMS recibido
Medidor = Mid(Mensajerecibido, 46, 4)
Telefono = Mid(Mensajerecibido, 11, 6)
Consumo = Mid(Mensajerecibido, 50, 7)
Hora = Mid(Mensajerecibido, 30, 8)
Año = Mid(Mensajerecibido, 21, 2)
Mes = Mid(Mensajerecibido, 24, 2)
Dia = Mid(Mensajerecibido, 27, 2)
Fecha = Dia + "/" + Mes + "/" + Año

'Presentación de valores recibidos en el SMS
Text1.Text = Medidor
Text2.Text = Telefono
Text3.Text = Consumo

Longitud = Len(Mensajerecibido)

'Cálculo de número de mensaje recibido
   If Longitud = 58 Then
   SMSnumber = SMSnumber + 1
   Text5.Text = SMSnumber
   'Guardando la información en la base de datos
   Data1.Recordset.AddNew
   Data1.Recordset.Fields("Nº de Medidor") = Medidor
   Data1.Recordset.Fields("Nº de Teléfono") = Telefono
```

```
    Data1.Recordset.Fields("Consumo en kWh") = Consumo
    Data1.Recordset.Fields("Fecha") = Fecha
    Data1.Recordset.Fields("Hora") = Hora
    Data1.Recordset.Update
    Mensajerecibido = ""
    If SMSnumber = 4 Then
    MsgBox ("Recepción completada")
    MSComm1.PortOpen = False
    End If
    End If


End If
End Sub
```

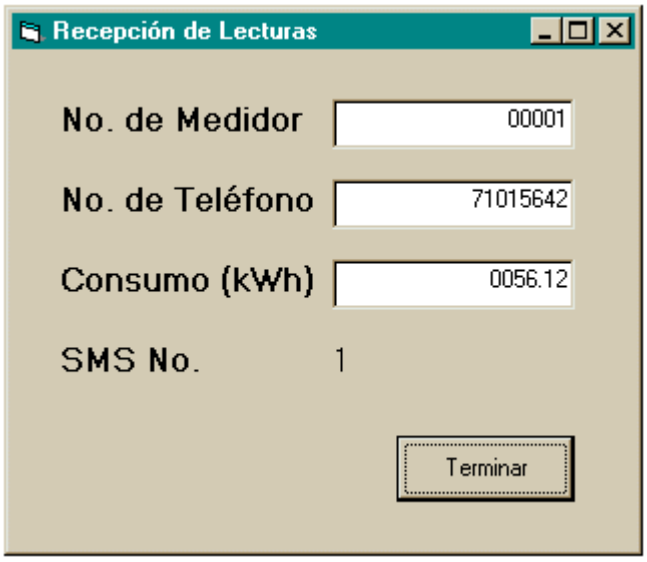


FIGURA D-3 Ejemplo de recepción

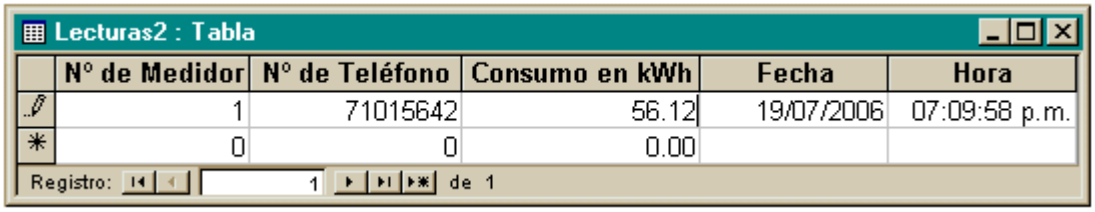


FIGURA D-4 Vista de la base de datos[+]

[+] La base de datos fue elaborada en Microsoft Access 97

APENDICE E

MAPAS DE COBERTURA POR OPERADORA[5]

[5] Los mapas mostrados se tomaron del siguiente enlace:
GSM WORLD. <http://www.gsmworld.com/roaming/gsminfo/cou_sv.shtml>

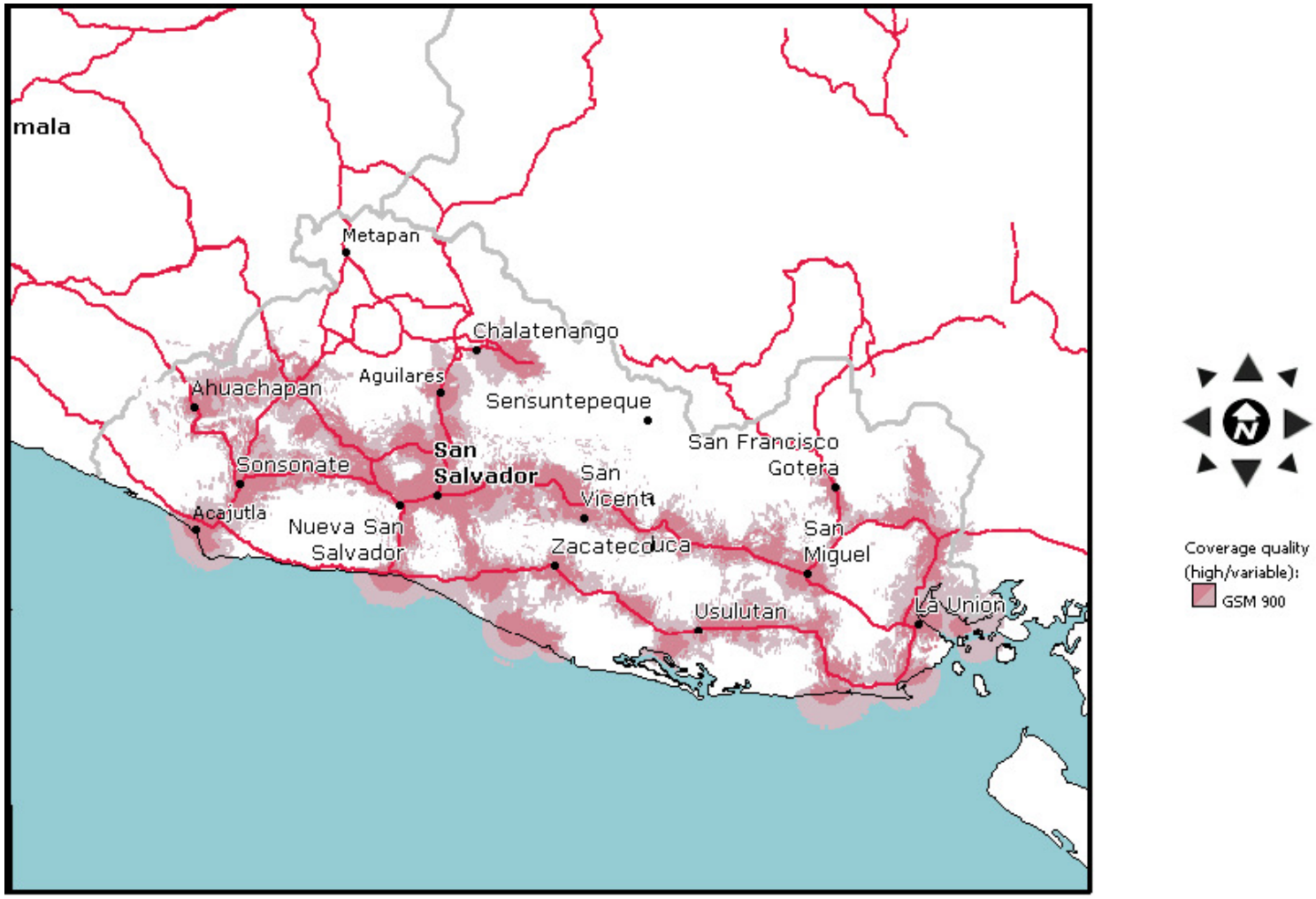


FIGURA E-1 Mapa de cobertura de DIGICEL

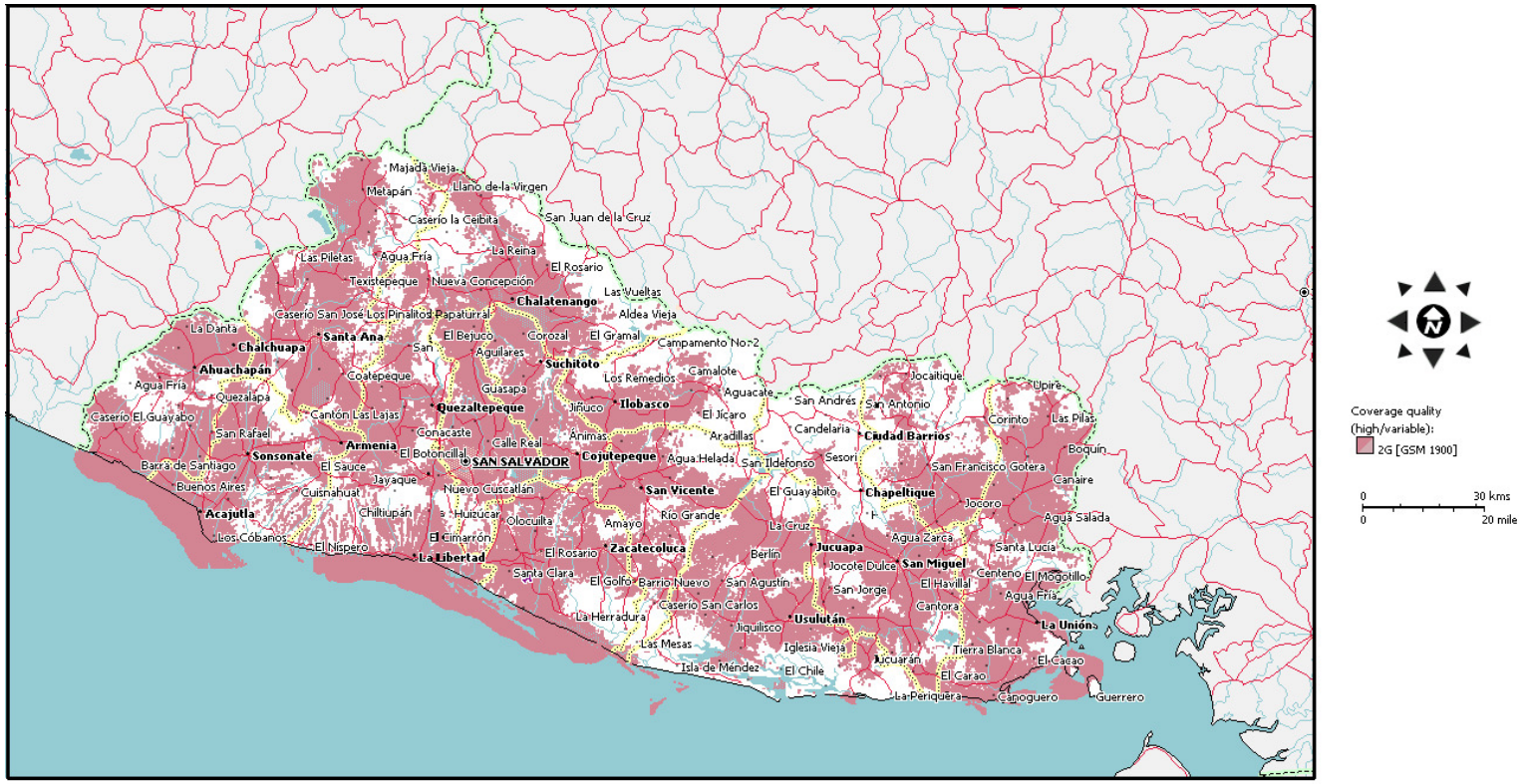


FIGURA E-2 Mapa de cobertura de TELECOM

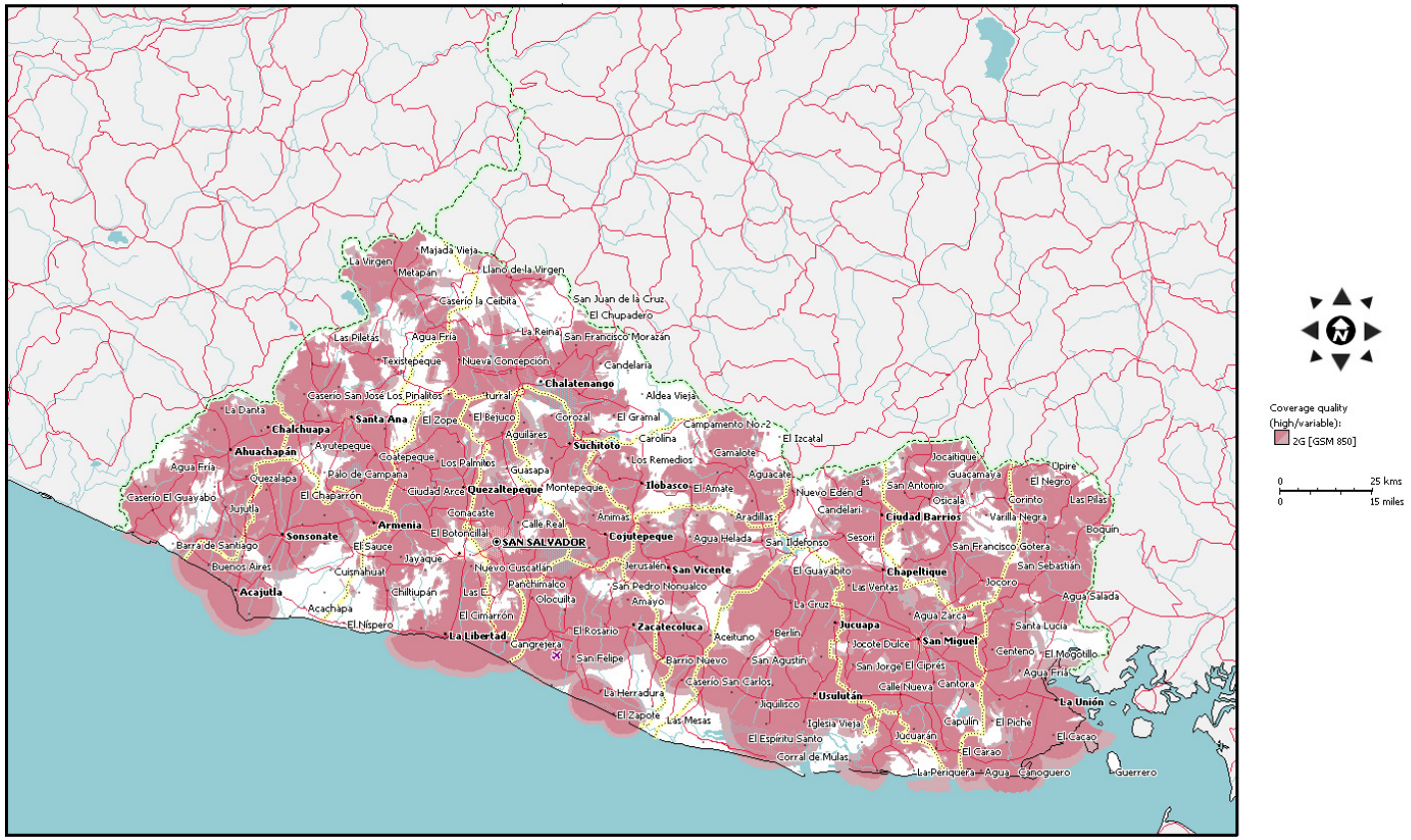


FIGURA E-3 Mapa de cobertura de TELEMOVIL

APENDICE F

INFORMACIÓN GENERAL SOBRE DISTRIBUIDORAS DE ELECTRICIDAD EN EL SALVADOR

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE ELECTRICIDAD Y TELECOMUNICACIONES

TARIFAS
PRECIOS MAXIMOS PARA EL SUMINISTRO ELECTRICO VIGENTES A PARTIR DEL 1 DE ENERO 2005 (EN U.S. DOLARES)[6]

I. PEQUEÑAS DEMANDAS (0 < kW < 10)

Residencial (consumo < 200 kWh)

	CAESS	DELSUR	AES CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo $ / Usuario	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable $ / kWh	0,080186	0,080745	0,080593	0,080674	0,080974
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Fijo $ / Mes	0,803126	1,049997	1,094596	1,228186	1,154653
Cargo Variable $ / kWh	0,029133	0,040077	0,041953	0,047315	0,048830

Residencial (consumo > 200 kWh)

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo $ / Usuario	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable $ / kWh	0,079616	0,080163	0,080025	0,080081	0,080355
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Fijo $ / Mes	1,130755	1,496064	1,561147	1,753964	1,687837
Cargo Variable $ / kWh	0,028764	0,039025	0,040806	0,045966	0,046322

Uso General

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo $ / Usuario	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable $ / Kwh	0,077538	0,077899	0,077865	0,077640	0,077662
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Fijo $ / Mes	1,847318	2,503008	2,616837	2,947397	2,963207
Cargo Variable $ / kWh	0,027406	0,037132	0,038823	0,043724	0,043957

[6] Superintendencia General de Electricidad i Telecomunicaciones (SIGET). Pliegos tarifarios vigentes..
<http://www.siget.gob.sv/BusquedaPublica.aspx?sector=1&tipo=2&titulo=e6&ordenado=0&dir=DESC>

Alumbrado Público

	CAESS	DELSUR	CLESA	EEO	DEUSEM
Cargo de Comercialización:					
Cargo Fijo $ / Usuario	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980	0,695980
Cargo por Consumo:					
Cargo Variable $ / kWh	0,074168	0,074926	0,074792	0,075033	0,075407
Cargo por Uso de Red:					
Cargo Variable $ / kWh	0,036642	0,049650	0,051911	0,058464	0,058771

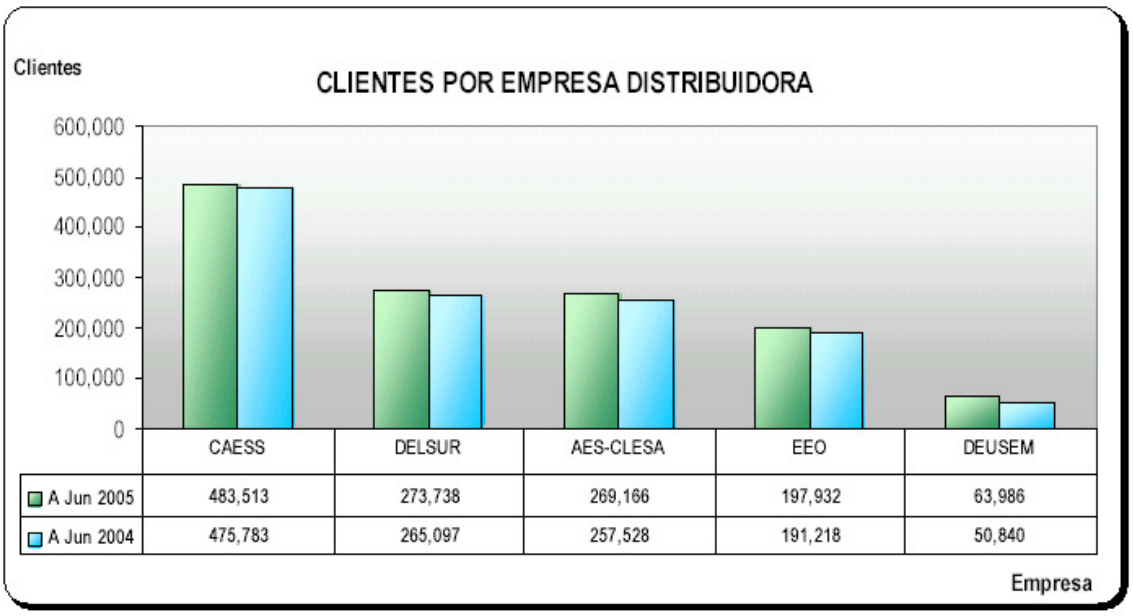


FIGURA F-1 Cantidad de usuarios por distribuidoras de electricidad[7]

[7] Superintendencia General de Electricidad i Telecomunicaciones (SIGET). Boletín de Estadísticas Electricas 2005 <http://www.siget.gob.sv/BusquedaPublica.aspx?sector=1&tipo=1&titulo=e5&ordenado=0&dir=DESC>