



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
INALÁMBRICO DE UN MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES,
ANALÓGICAS Y DE POTENCIA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA GSM HACIENDO
USO DEL SERVICIO DE MENSAJERÍA SMS**

Autores:

Adolfo A. Herrera V.

Alvaro R. Perozo P.

Bárbula, junio de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL
INALÁMBRICO DE UN MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES,
ANALÓGICAS Y DE POTENCIA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA GSM HACIENDO
USO DEL SERVICIO DE MENSAJERÍA SMS.**

**TRABAJO ESPECIAL DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE
CARABOBO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRICISTA**

Autores:

Adolfo A. Herrera V.

Alvaro R. Perozo P.

Bárbula, junio de 2012



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
DEPARTAMENTO DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA



CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Los abajo firmantes, miembros del jurado designado para estudiar el Proyecto Especial de Grado titulado: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL INALÁMBRICO DE UN MÓDULO DE ENTRADAS Y SALIDAS DIGITALES, ANALÓGICAS Y DE POTENCIA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA GSM HACIENDO USO DEL SERVICIO DE MENSAJERÍA SMS”**, realizado por los bachilleres: **Adolfo A. Herrera V.** portador de la cédula de identidad **V-17.252.440** y **Alvaro R. Perozo P.**, portador de la cédula de identidad **V-18.640.944**, hacemos constar que hemos revisado y aprobado dicho Proyecto Especial.

Prof. Wilmer Sanz
TUTOR

Prof. Luis Llave
JURADO

Prof. Whendy García
JURADO

Bárbula, Junio de 2012

DEDICATORIAS

A mis Padres Adolfo y Xiomara, que me han formado toda mi vida, apoyado y guiado en cada paso, es por ustedes que hoy consigo alcanzar esta meta.

A mis Hermanas Que Amo Suel y Astrid, que me han ayudado e inspirado a seguir siempre adelante.

A Williams, por apoyarme y ayudarme siempre como mi hermano.

A Miranda, que ha sido la mayor alegría desde que llegó a este mundo.

A Ram, Beni y Super, por su ejemplo único de amistad incondicional.

A Yen, por haber estado presente desde el principio y ser siempre especial conmigo.

A mis Abuelitos, que no pueden verme hoy desde aquí pero lo hacen desde el cielo.

A mis Amigos Joel, Noemia, Jonás, Rosmar y Enmanuel, por su continua ayuda durante la realización de este trabajo de grado.

A la Dra Diana Ortíz, por su apoyo incondicional.

A Ashtom y Jysus, por haberme acompañado desde el principio de este trayecto.

A la Profesora Diana Nesbit, por su apoyo y palabras de aliento.

Adolfo A. Herrera V.

A Dios Todopoderoso

A mis Padres Alvaro Perozo B. y Milvida E. Pimentel M. por ser base fundamental en mi vida, quienes han sido mis mejores profesores al enseñarme con amor y cariño que todo lo que se hace con esfuerzo y dedicación tiene su recompensa; han sido mis mejores amigos al momento necesitar algún consejo y los guías de cada paso que doy. Solo Dios sabe cuánto los Amo y los necesito a mi lado, solo por ellos estoy aquí, los responsables de ser quien soy y porque sin ellos esta meta habría sido imposible de alcanzar. Este logro no es mío sino de ustedes mis viejos.

A la persona más especial y única que conocí, mi abuelita Nazaria quien fue mi segunda madre ayudándome a dar mis primeros pasos, por siempre cuidarme con amor y por ser un ejemplo de vida.

A mis hermanos Romer P. y Alva P.

A mi Familia.

Alvaro R. Perozo R.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Carabobo.

A Alvaro, sin cuya ayuda no hubiese sido posible la realización de este trabajo de grado.

Al profesor Wilmer Sanz, por su gran ayuda y colaboración en todo momento.

A los profesores Luis Llave y Whendy García.

A mis amigos Cristina, Wilmer, Osnaily, Karla, Enrique, Isis, Nelson, Yoly y Eddy.

A Indi.

Al Sr. Alvaro, a la Sra. Milvida y a Yusbert por todo su apoyo.

Adolfo A. Herrera V.

A Dios por haberme llenado de tantas bendiciones, fortaleza y sabiduría para ver cumplida una de tantas metas.

A mis Padres Alvaro P. y Milvida P. que mas que agradecerles, debo decir que le debo todo a ellos.

A mi hermano Romer P. por apoyarme, ayudarme siempre que lo he necesitado, por ser el mejor hermano y estar siempre conmigo para todo. Sé que siempre seremos los mejores hermanos. Te quiero Ewaldiito.

A toda mi familia por ser tan especial, única y ser de gran motivación. Por ellos y para ellos es esta meta.

A mi novia Yusbert B. por haber estado a mi lado estos últimos tres años, dándome su amor, comprensión y soporte en todo momento, por entenderme, aguantarme y por otras tantas razones te has convertido en parte fundamental de mi vida. Gracias Mi Hermosa.

A la Universidad de Carabobo.

A nuestro tutor Wilmer Z. por haber sido guía y respaldo durante la realización de este proyecto.

A todos mis profesores a lo largo de toda mi formación académica.

A mi compañero de tesis Adolfo H. por ayudarme a alcanzar tan importante logro.

A todos y cada uno de mis amigos Cristina G., Isis M., Karla B., Noemia D., Osaily M., Adolfo H., Jonas M., Enmanuel Q., Enrique G., Joel R., Nelson V., Wilmer V. por haber sido piezas fundamentales a lo largo de la carrera; y que gracias a su amistad incondicional hicieron que este recorrido fuese más fácil.

A los padres de mi compañero de tesis los señores Adolfo H. y Xiomara V. por su valiosa colaboración, apoyo e incentivo para la realización de este trabajo especial de grado.

Alvaro R. Perozo R.

RESUMEN

En este trabajo de investigación se proponen las bases para el diseño y la implementación de una sistema de telemetría mediante un canal Global System for Mobile Communications (GSM) , con la finalidad de realizar un control y monitoreo de entradas y salidas; considerando que, el GSM es el estándar de telefonía móvil mas difundido en el mundo. Más de 3 millardos de personas en aproximadamente 200 países utilizan este tipo de telefonía, considerado un sistema de segunda generación. Es innegable el aumento en la necesidad por ejercer control sobre nuestro entorno. Otro indicador que pone de manifiesto es el incremento de plataformas inteligentes, encargadas de vigilar entornos e informar al usuario, las condiciones del área en control. Para el desarrollo de la plataforma, se analizan variables como la temperatura ambiente, sensores indicadores de presencia y la conveniencia de activar o desactivar ciertos mecanismos eléctricos. En este proyecto factible, se hace referencia a dos tipos de comunicación y transmisión de datos, una alámbrica y otra inalámbrica; las cuales serán utilizadas para la sincronización entre las partes que componen al sistema y otra encargada de transmitir y recibir instrucciones. Se analizan ambas tipos de enlaces de datos y finalmente con base a los resultados de la aplicación de criterios expresados por los autores y, dentro de las posibilidades y conveniencias derivadas de la aplicación de esta plataforma, se indica la solución propuesta a control a distancia de variables. Esta investigación entregó como resultado un prototipo capaz de censar la temperatura del sitio donde se encuentre instalado, así como controlar la presencia de usuarios ajenos al lugar a monitorear; adicionalmente es posible adaptar otros dos sensores uno para analógico y otro digital. Posteriormente este servidor se encarga de activar cargas eléctricas de potencia: dos cargas monofásicas de 120Vac y una bifásica de 208Vac.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
RESUMEN.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
EL PROBLEMA	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.4 OJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 ALCANCE.....	5
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES	6
2.2 BASES TEÓRICAS	7
2.2.1 ELECCION DEL MICROCONTROLADOR.....	7
2.2.2 COMANDOS AT DE SIEMENS	9
2.2.3 MODEM SIEMENS TC35	11
2.2.4 COMUNICACIÓN SERIAL RS-232	12
2.2.5 RED GSM	15
2.2.5.1 ARQUITECTURA DE UNA RED GSM	15
2.2.7 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS SMS	17
CAPÍTULO III	18
MARCO METODOLÓGICO	18
3.1 INTRODUCCIÓN	18
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA	19
CAPÍTULO IV	21
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	21
4.1 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN.....	21
4.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	24
4.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR	29
4.3.1 DIAGRAMA GENERAL	29
4.3.1.1 DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN INICIAL DEL MODEM	30
4.3.1.2 DIAGRAMA DE OPCIONES MANUALES	31

4.3.1.2.1	DIGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS	32
4.3.1.2.1.1	DIAGRAMA DE CAMBIOS EN LA SALIDA	33
4.3.1.2.2	DIAGRAMA DE AGENDA ALMACENADA EN EL PIC	34
4.3.1.2.2.2	DIAGRAMA PARA AGREGAR NÚMEROS EN LA MEMORIA DEL PIC ..	36
4.3.1.2.3	DIAGRAMA DE OPCIÓN OTROS	37
4.3.1.2.3.1	DIAGRAMA DE LA SELECCIÓN 3 DE LA OPCIÓN OTROS.....	38
4.3.1.3	DIAGRAMA DE RECEPCIÓN DE LLAMADAS	39
4.3.1.4	DIAGRAMA DE RECEPCIÓN DE SMS.....	40
CAPÍTULO V		40
MANUAL DE USUARIO		40
5.1	OBJETIVO DE ESTE MANUAL	40
5.2	DIRIGIDO A	40
5.3	CONOCIMIENTOS BÁSICOS	41
5.4	CONVENCIONES A UTILIZAR.....	41
5.5	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	41
5.6	INGRESO AL SISTEMA.....	42
5.7	OPERACIONES DEL SISTEMA.....	43
5.8	CASOS DE USO DE LAS OPERACIONES DEL SISTEMA.....	47
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		53
CONCLUSIONES		53
RECOMENDACIONES		54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		55
ANEXOS		56
DATA SHEET PIC18F4550		56
DATA SHEET DEL MODEM SIEMENS TC35.....		67
COMANDOS AT UTILIZADOS POR EL MODEM SIEMENS TC35		82
ESQUEMA CIRCUITAL DEL MODEM SIEMENS TC35 EN LA TARJETA ARDUINO ..		92
OPTOACOPLADOR 4N25.....		93
RELÉ G5LE.....		94
TRIAC BTB24.....		95
APÉNDICES		96
APÉNDICE A: CÓDIGO FUENTE.....		96
APÉNDICE B: LISTA DE MATERIALES Y PRECIOS.....		109
APÉNDICE C: IMÁGENES DEL PROTOTIPO Y SUS PARTES		110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de un esquema interno de un microcontrolador [5].....	7
Figura 2. Microcontrolador PIC189F4550 [5]	8
Figura 3. Modem GSM Siemens TC35 Tarjeta Arduino [7]	12
Figura 4. Pines del PIC18F4550	23
Figura 5. Configuración interna del driver de Entrada y Salida	25
Figura 6. Circuito de configuración interna de Entrada y Salida	25
Figura 7. Circuito para el manejo de Salidas Potencia	26
Figura 8. Circuito de configuración interna del Optoacoplador	26
Figura 9. Circuito de conexión del Optoacoplador	27
Figura 10. Diagrama de Bloques del Sistema en General	27
Figura 11 Circuito General del Sistema	28
Figura 12. Diagrama general del software	29
Figura 13. Diagrama de Configuración inicial del Modem.....	30
Figura 14. Diagrama de Opciones Manuales	31
Figura 15. Diagrama de Entradas y Salidas.....	32
Figura 16. Diagrama de cambios en las Salidas	33
Figura 17. Diagrama de agenda almacenada en la memoria del PIC.....	34
Figura 18. Diagrama para ver los números en la memoria de PIC.....	35
Figura 19. Diagrama para agregar números en la memoria del PIC	36
Figura 20 Diagrama de Opción Otros	37
Figura 21. Diagrama de selección 3 de la Opción Otros	38
Figura 22. Diagrama de Recepción de llamadas.....	39
Figura 23. Diagrama de recepción de SMS	40
Figura 24. Diagrama de Bloque del Sistema	46
Figura 25. Configuración Inicial del Sistema	47
Figura 26. Principales Opciones.....	48
Figura 27. Entradas y Salidas.....	49
Figura 28. Opciones de la Agenda Telefónica	50
Figura 29. Opciones Varias	51
Figura 30. Recepción de Llamadas y SMS.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de Comandos AT y sus respuestas	10
Tabla 2. Nombre y Funciones de los Pines	13
Tabla 3. Descripción de las señales de los conectores DB-9 y DB-25.....	14
Tabla 4. Comparación entre los modos de transmisión de dato	21
Tabla 5. Comparación entre Microcontroladores PIC de gama 18.....	23
Tabla 6. Especificaciones técnicas de relé para salidas	24

INTRODUCCIÓN

La presente investigación propondrá las bases para la implementación de un sistema de control y monitoreo a distancia de variables, haciendo uso de la red GSM, apoyado en la construcción de un prototipo de la plataforma en cuestión. Esta investigación propone una plataforma que permita agilizar de manera eficiente la inspección, observación y la toma de decisiones sobre la activación y desactivación de una gran variedad de elementos eléctricos existentes áreas residenciales, comerciales e industriales.

Para el desarrollo de la plataforma, se analizó en detalle las posibles variables que puedan ser censadas y cuya magnitud pueda ser expresada en un rango de valores o que su variación esté representada por el cambio de estado absoluto. Adicionalmente se podrá ejercer control de cualquier maquinaria eléctrica, siendo posible esto mediante la utilización de la tecnología de telefonía móvil celular desde cualquier sitio a nivel nacional e internacional. La información recolectada para llevar a cabo este proyecto será depurada para concebir un sistema eficaz y seguro.

Durante el desarrollo de esta investigación se plantearán dos tipos de comunicación y transmisión de datos, una se utilizará para la sincronización entre el autómatas y el transmisor, el segundo tipo se encargará de intercambiar datos entre el usuario y el sistema. El autómatas estará representado por un microcontrolador, quien llevara a cabo las instrucciones solicitadas por el usuario, cuya interacción será posible a través de un teléfono móvil manejado por este y un transmisor o modem que haciendo uso de la tecnología GSM permitirá concretar el manejo del sistema.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El creciente avance en la tecnología de las telecomunicaciones ha permitido que las empresas de telefonía celular ofrezcan cada vez mayor cantidad y mejor calidad de servicios a sus usuarios. La transmisión de datos constituye el mayor potencial de crecimiento de las redes móviles celulares y se pone de manifiesto en servicios como el envío de mensajes de texto SMS, que se ha convertido en uno de los más utilizados principalmente debido a su bajo costo y simplicidad, estas situaciones dan paso a desarrollar sistemas que permitan transmitir información utilizando este servicio de mensajería, empleando equipos como módems celulares que pueden conectarse a distintos dispositivos electrónicos, que por su movilidad, ubicación remota o de difícil acceso requiera facilidades de monitorización o control a distancia.

Se propone el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control remoto que mediante el uso del servicio de mensajería SMS pueda satisfacer estos requerimientos, dicho sistema se compone principalmente de un módulo de entradas y salidas digitales, analógicas y de potencia, además un módem con tecnología GSM con capacidad de comunicación serial y soporte para SMS conectado a un microcontrolador Pic. El módem se encarga de recibir los mensajes de texto enviados desde cualquier teléfono móvil o fijo con soporte para este servicio, mediante estos mensajes se controla el módulo de entradas y salidas digitales que operan niveles lógicos TTL, pudiendo tanto activar como desactivar cada una de las 2 entradas y 3 salidas que posee, de manera individual, o solo consultar el estado de estas, que en el módulo receptor es indicado por diodos Led de color verde que indican estado alto y de color rojo que indican estado



bajo, cuenta además con 2 salidas de potencia para manejar cargas con un consumo de hasta 15 amperios por cada una de éstas, el proceso también opera en sentido inverso, variaciones de los estados altos o bajos de las entradas digitales son registrados por el microcontrolador que comunicándose mediante comandos AT con el módem envía mensajes de texto a números programados notificando la activación o desactivación de éstas, de este modo la comunicación bidireccional y el conjunto de entradas y salidas digitales, analógicas y de potencia permite al sistema adaptarse para controlar de manera remota diversas cargas con diferentes requerimientos, como artefactos electrodomésticos, motores, luminarias, además de sensores digitales y analógicos que pueden cubrir gran variedad de aplicaciones, tanto a nivel residencial, comercial o industrial, siendo la principal ventaja la posibilidad de operarlo desde cualquier ubicación geográfica en donde exista cobertura de la red de telefonía móvil digital con disponibilidad de envío de mensajes SMS y a un muy bajo costo, pudiendo además un solo equipo receptor ser controlado por múltiples usuarios, con la posibilidad de tener diferentes niveles de acceso para cada uno de estos, permitiendo que los usuarios dependiendo de su clasificación puedan controlar solo determinadas entradas y salidas o solo leer los estados de estas sin poder modificarlos. El módulo se alimenta tanto directamente de la red eléctrica de 110 voltios para aplicaciones donde esta se encuentre disponible, como de baterías de 12 voltios, además cuenta con un sistema de alimentación ininterrumpida que le permite continuar operando cuando la fuente de poder principal ha sido desconectada, lo que representa una gran ventaja en aplicaciones de sistemas de seguridad o control de cargas preferenciales durante interrupciones en el servicio de suministro de energía eléctrica.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El alto nivel de implantación que actualmente existe en el mercado por parte de la telefonía móvil, ha convertido al teléfono celular en un dispositivo prácticamente indispensable en la vida diaria para el público en general, en parte porque los servicios ofrecidos son cada vez más diversos y económicos, haciendo que se adapten a las exigencias de cada usuario. La



necesidad de cubrir otros requerimientos que también surgen con el avance de la tecnología, como lo es el monitoreo y control inalámbrico de distintos dispositivos o equipos que así lo requieran, ya sea por motivos de seguridad, disminución de costos de operación, ahorro de energía, o practicidad, tanto en ambientes laborales, residenciales o comerciales, haciendo uso de estos servicios, hace necesario el desarrollo de sistemas que permitan además de cumplir con la tarea de establecer la comunicación de manera sencilla desde el teléfono móvil hasta el equipo mismo, también permitan controlar y monitorear el estado de este, el sistema propuesto permite realizar estas tareas sin una de las principales limitaciones que poseen los más comunes sistemas de control remoto, como lo es la distancia a cubrir desde la ubicación del usuario hasta el equipo a controlar, puesto que al operar sobre la red de telefonía GSM, permite ser accionado desde cualquier parte del mundo donde exista cobertura de dicha red, otra limitación a considerar en el control de sistemas de manera remota es la necesidad de que los equipos receptores se encuentren conectados, como en el caso de control a través de Ethernet, además de los costos y complejidad del desarrollo de estos, adicionalmente el alcance y cobertura de Ethernet es más limitado que el de la red GSM, además la posibilidad de controlar las entradas y salidas mediante cualquier equipo móvil celular con soporte para el envío de SMS hace que no sea necesario la utilización de un equipo transmisor adicional.

1.3 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de monitoreo y control inalámbrico de un módulo de entradas y salidas digitales, analógicas y de potencia mediante la tecnología GSM haciendo uso del servicio de mensajería SMS.



1.4 OJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el esquema general de funcionamiento del sistema de control y monitoreo, integrado por el microcontrolador, el modem, las entradas y salidas.
- Diseñar el módulo del sistema de control a distancia basado en un microcontrolador a través de un modem GSM.
- Estudiar el manejo de los comandos AT para el modem GSM Siemens TC35.
- Configurar y establecer la comunicación entre el microcontrolador PIC, el modem GSM, los sensores y relés, para lograr el envío y recepción de instrucciones mediante mensajes cortos SMS.
- Construir el módulo del sistema de control basado en las especificaciones requeridas por el diseño.

1.5 ALCANCE

Las aplicaciones elegidas del sistema planteado son las de monitorear el estado de dos sensores uno analógico que entregue una salida de entre 0 y 5 voltios para medir la temperatura ambiente y uno digital que indica con 5V la presencia de una persona u objeto en el entorno a controlar y en caso contrario se obtiene 0V . Por otra parte se controla y monitorea mediante el encendido tres salidas digitales, las cuales activan tres relés que permiten la alimentación de cargas monofásicas de 120Vac, con la cual se maneja el apagado y encendido de la iluminación y los otros dos accionaran en conjunto una carga bifásica de 208Vac, tal y como lo es un aire acondicionado, en ninguno de los casos la corriente máxima de estas excederá los 15 Amperios. La comunicación entre el microcontrolador y el módem es por vía serial RS232 utilizando comandos AT Siemens, y entre el módem y los equipos móviles celulares utilizados para comandar el módulo de entradas y salidas se realiza mediante la red GSM haciendo uso del servicio de mensajes cortos SMS.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

Alvarez, Alexis, & Guzman, Patricia. (2009). *DESARROLLO DE UN TRANSMISOR INTELIGENTE DE TEMPERATURA PARA TERMOCUPLAS Y DETECTORES TEMPERATURA POR RESISTENCIA BASADO EN MICROCONTROLADORES*. Este trabajo se basó en el diseño y construcción de un sistema de lectura de termocuplas utilizando un microcontrolador, el cual se encargó de convertir la señal recibida al estándar de transmisión 4-20mA, además se realizó un software de adquisición para la interpretación de las mediciones. Este proyecto aportó información al trabajo en cuanto a las características y funcionamiento de microcontroladores para la adquisición de datos [1].

Rondon, Alex, & Sarmiento, Domingo (2008). *DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TELEMETRIA MEDIANTE UN CANAL GSM PARA EL MONITOREO DEL CLIMA Y EL ESTADO DEL TRANSITO VEHICULAR*. Este proyecto realizó un sistema de monitoreo de temperatura, humedad, presencia y velocidad; para medir las variables de tránsito concernientes al clima y a la densidad vehicular, haciendo uso de un microcontrolador para leer y decodificar las variables obtenidas por los distintos sensores, un modem GSM para la transmisión de los datos vía SMS, hasta un computador con software capaz de recibir y administrar mostrar en una interfaz amigable los datos remotos. Este trabajo proporcionó información necesaria, para la adquisición de datos analógicos y digitales, los comandos AT necesarios para el envío de mensajes cortos[2].

Silva, Richard. (2006). *DESARROLLO DE UNA APLICACION PARA REALIZAR PRUEBAS AUTOMATICAS DE CALIDAD DE SERVICIO CON EL EQUIPO CERTIFICADOR BASADO EN EL MODEM GSM WAVECOM*. Este trabajo se basó en el

desarrollo de una aplicación que permitiera mediante el envío de mensajes de texto, utilizando el modem WaveCom, efectuar mediciones sobre la calidad de servicio de redes GSM. El trabajo aportó información sobre los diversos comandos utilizados para programar al modem WaveCom ya que son parecidos a los utilizados por el Modem GSM Siemens TC35 [3].

Ruiz, Jairo (2006). *EQUALIZACIÓN DEL CANAL DE PROPAGACIÓN EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES MÓVILES GSM APLICANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES*. Esta investigación se enfocó en el desarrollo del modelo de simulación del sistema de comunicación móvil GSM, al cual se simuló las condiciones de multitrayectoria y ruido, para la creación de un ecualizador basado en Redes Neuronales Artificiales tipo MLP, que sustituyan al ecualizador clásico. La información contenida en esta investigación aportó información útil para la explicación y utilización de la red GSM [4].

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 ELECCION DEL MICROCONTROLADOR

Son circuitos integrados que incluyen como mínimo un CPU, unidades E/S y memoria de programa, además de una serie de componentes que dotan al microcontrolador de diversas funcionalidades [5].

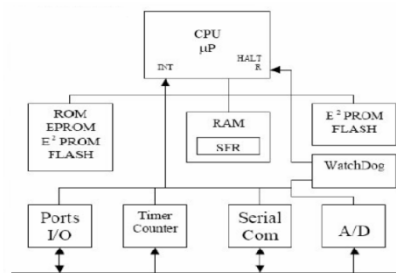


Figura 1. Ejemplo de un esquema interno de un microcontrolador [5]

Por requisitos de diseño, se necesita un microcontrolador con conectividad serial RS232, un puerto de E/S analógicas y digitales. Se escoge el **PIC18F4550**, que es un microcontrolador de 40 pines suficientes para el cumplimiento de los objetivos.



Figura 2. Microcontrolador PIC18F4550 [5]

Las funciones y características son las siguientes [5]:

- Memoria FLASH=32KBytes, 16384 instrucciones
- EEPROM=256Bytes
- PINS I/O=36 con 3 Interrupciones externas
- USART
- 4 Timers, 1 de 8 bits y 3 de 16 bits.
- Modos de Oscilador:
 - Externo hasta 48MHz
 - Externo auxiliar, para modulo USB
 - Interno con RC
 - Interno programable de 31kHz hasta 8MHz
- Rango de voltaje desde 2V hasta 5.5V
- USB V2.0 Baja velocidad (1.5Mb/s) y Máxima velocidad (12Mb/s).
- Interrupciones: 3 interrupciones de entrada externas, interrupción de cambio de estado en el portB, interrupciones de la UART al enviar y recibir, interrupción de final de conversión A/D, interrupción USB, entre otros.



Además de las funcionalidades que dispone este PIC, una ventaja sobre la serie 16F es el juego de instrucciones y el sistema de memoria lineal.

La familia 18F dispone de 77 instrucciones sobre las 35 de la familia 16F. El hecho que más puede facilitar la programación es la estructura de la memoria interna, tanto la memoria de datos como la de programa.

Los PIC 18F disponen de memoria lineal y pueden direccionarla toda, esto resulta cómodo para manejar buffers lineales. En realidad esto no perjudica ni nos beneficia, puesto que programaremos el firmware del PIC en lenguaje Basic.

2.2.2 COMANDOS AT DE SIEMENS

Estos comandos comprenden un estándar ampliamente utilizado en los modem telefónicos que cumplen con las especificaciones del documento V.25ter de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Telecomunicaciones) [6]. Según el manual de configuración de comandos las reglas de sintaxis y de utilización de parámetros son las siguientes:

- Una línea de comando debe empezar con “AT” o “at”, a excepción de los comandos “A/” y “+++”. “At” o “aT” son inválidos. Varios comandos pueden ser ingresados en una línea de comando.
- Los comandos pueden escribirse en mayúsculas o minúsculas.
- Usted puede introducir varios comandos AT en la misma línea. Esto elimina la necesidad de introducir el comando "AT" o "at" de prefijo antes de cada comando. En su lugar, sólo necesita escribirlo una vez al comienzo del comando la línea. Utilice un punto y coma como delimitador de comando.
- El buffer de línea de comandos acepta un máximo de 391 caracteres. Si se excede este número ninguno de los comandos se ejecutará y devolverá ERROR TA.



- El uso del mismo o de diferentes comandos AT en la misma línea debe ser evitado.
- Cuando se introduce una serie de comandos AT en líneas separadas, dejar una pausa entre el anterior y el comando siguiente hasta que aparezca OK. Esto evita el envío de muchos comandos AT al mismo tiempo sin necesidad de esperar una respuesta para cada uno.
- Todos los espacios serán ignorados mientras se usen strings sin marcas.
- Es posible omitir los ceros a la izquierda de cadenas que representan los números.
- A continuación se muestra los tipos de comandos y sus respuestas:

Tabla 1. Tipos de Comandos AT y sus respuestas

Comando de Prueba	AT+CXXX=?	El equipo móvil devuelve la lista de parámetros y rangos de valores con el comando correspondiente escritura o por procesos internos.
Comando de Lectura	AT+CXXX?	Este comando devuelve el valor actualmente fijado de la parámetro o parámetros
Comando de Escritura	AT+CXXX=<...>	Este comando establece los valores de los parámetros definidas por el usuario.
Comando de Ejecución	AT+CXXX	El comando de ejecución no lee los parámetros variables afectado por los procesos internos en el motor de GSM.

Fuente: [6]

- Los parámetros opcionales están encerrados entre corchetes. Si los parámetros opcionales se omiten, se utiliza la configuración actual hasta que los cambie.
- Los parámetros opcionales o sub-parámetros se pueden omitir a menos que estén seguidos por otros parámetros. Si desea omitir un parámetro en el medio de una cadena a la que debe ser sustituido por una coma. Ejemplo:
AT+ CPBW, <número>, <tipo>, <texto> escribe una entrada a la primera posición de memoria libre.
AT CPBW = <index>, <número>, <tipo>, <text> escribe una entrada a la ubicación de la memoria especificado por <index>.
- Cuando el parámetro es una cadena de caracteres, por ejemplo, <text> o <número>, la cadena debe ir entre comillas, POR EJEMPLO, "Charlie Brown" o "49030xxxx". Símbolos entre comillas será reconocido como cadenas.



- En caso de utilizar comandos V.25ter sin dar un parámetro opcional, se supone que su valor es 0.

El modem inalámbrico Siemens TC35 GSM/GPRS (Figura 3. Modem GSM Siemens TC35 Tarjeta Arduino [7]), compacto diseñado para aplicaciones computacionales sobre sistemas operativos Windows XP, 2000 la plataforma puede también utilizarse como dispositivo serial independiente para otras aplicaciones [6].

2.2.3 MODEM SIEMENS TC35

El módulo Siemens TC35 (Figura 3. Modem GSM Siemens TC35 Tarjeta Arduino [7]) opera en las redes GSM en bandas de 900 MHz y GSM 1800MHz. Diseñado para ofrecer facilidad de conexión de radio para la transmisión de voz y datos tanto. El módulo se integra perfectamente con una amplia gama de plataformas de aplicaciones GSM y es ideal para diseñar y configurar soluciones innovadoras de celulares con el mínimo esfuerzo [7].

La parte completa de RF y el protocolo GSM se ejecutan de forma autónoma en una red GSM de banda base del procesador. El modem de GSM utiliza un único conector de 40 pines se conecta al PCB de diseñado por Arduino, son el fin de establecer la interfaz de aplicación para control de datos, señales de audio y líneas de suministro de energía (5 Vcd). La aplicación del dispositivo móvil constituye la interfaz hombre-máquina (MMI). El módulo es controlado por comandos AT, a través de puerto serie (comunicación RS232/ TTL). Las aplicaciones más comunes son (envío / recepción) de SMS, llamadas de teléfono [7].



Figura 3. Modem GSM Siemens TC35 Tarjeta Arduino [7]

2.2.4 COMUNICACIÓN SERIAL RS-232

El RS-232C es un estándar de comunicación alámbrica, basado en la transmisión de datos en serie. Fue propuesto por la EIA (Asociación de industrias electrónicas) [5]. El RS-232C consiste en un conector tipo DB-25 de 25 pines, aunque es normal encontrar la versión de 9 pines DB-9. Las señales con las que trabaja este puerto serie son digitales, de +12V (0 lógico) y -12V (1 lógico), para la entrada y salida de datos, y a la inversa en las señales de control. El estado de reposo en la entrada y salida de datos es -12V. Cada pin puede ser de entrada o de salida, teniendo una función específica cada uno de ellos. En la tabla 2 se muestran los pines más importantes.



Tabla 2. Nombre y Funciones de los Pines

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

Fuente: [5]

El formato de los datos seriales requiere las siguientes condiciones:

1. Una línea desocupada en estado alto antes de la transmisión o la recepción de un mensaje.
2. Un bit de inicio, cero (0) lógico, transmitido o recibido, que indica el comienzo de cada carácter.
3. Cada dato es transmitido y recibido, el bit menos significativo (LSB) primero.
4. Un bit de parada, uno (1) lógico, se usa para indicar el fin de un marco. Un marco consiste de un bit de inicio, un carácter de ocho o nueve bits de dato, y un bit de paro.
5. Una ruptura, definida como la transmisión o recepción de ceros (0) lógicos durante un número múltiplo de marcos [5].

**Tabla 3. Descripción de las señales de los conectores DB-9 y DB-25**

Número de Pin		Señal	Descripción	E/S
En DB-25	En DB-9			
1	1	-	Tierra	-
2	3	TxD	Datos transmitidos	S
3	2	RxD	Datos recibidos	E
4	7	RTS	Petición para transmitir	S
5	8	CTS	Disponible para transmitir	E
6	6	DSR	Datos listos	E
7	5	SG	Tierra de la señal	-
8	1	CD/DCD	Detector de portadora	E
15	-	TxC(*)	Señal de reloj de envío	S
17	-	RxC(*)	Señal de reloj de recepción	E
20	4	DTR	Datos terminales listos	S
22	9	RI	Indicador de llamada	E
24	-	RTxC(*)	Señal de reloj	S

Fuente: [5]. (*) Normalmente no conectados en el DB-25

El modem Siemens TC35 tiene integrada una interfaz para puerto serie RS-232 DB-9, por lo que se implementara, mediante la UART del PIC, una comunicación serie con el MODEM.

Los parámetros elegidos para esta comunicación son los siguientes [5]:

- 9600 bps.
- 8 Bits.
- Sin paridad.
- 1 bit de parada.



2.2.5 RED GSM

GSM por sus siglas en inglés, ‘Global Systems for Mobile Communications’ o Sistema Global de Comunicaciones Móviles es un sistema digital de comunicación que transmite voz, datos y es de 2da generación basado en células de radio. Apareció para dar respuestas a los problemas de los sistemas analógicos.

Fue diseñado para la transmisión de voz por lo que se basa en la conmutación de circuitos, aspecto en el que se diferencia del sistema GPRS. Al realizar la transmisión mediante conmutación de circuitos los recursos quedan ocupados durante toda la comunicación y la tarificación es por tiempo [5].

2.2.5.1 ARQUITECTURA DE UNA RED GSM

Todas las redes GSM se pueden dividir en cuatro partes fundamentales y bien diferenciadas [5]:

1. *La Estación Móvil o Mobile Station (MS)*: Consta a su vez de dos elementos básicos que debemos conocer, por un lado el terminal o equipo móvil y por otro lado la tarjeta SIM. La diferencia que existe en la potencia que tienen que va desde los 20W (generalmente instalados en vehículos) hasta los 2W de los teléfonos comunes.

Una tarjeta SIM (acrónimo de Subscriber Identity Module, Modulo de Identificación del Suscriptor) es una tarjeta inteligente desmontable usada en teléfonos móviles que almacena de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red, de forma sea posible cambiar la línea de un terminal a otro simplemente cambiando la tarjeta.



2. *La Estación de Conmutación y Red o Network and Switching Subsystem (NSS)*: Este sistema se encarga de administrar la comunicación que se realiza entre los diferentes usuarios de la red.
3. *La Estación Base o Base Station Subsystem (BSS)*: Sirve para conectar a las estaciones móviles con los NSS, además de ser los encargados de la transmisión y recepción. Como los MS también consta de dos elementos diferenciados: L Base Transceiver Station (BTS) o Base Satation y la Base Station Controller (BSC). La BTS consta de transceivers y antenas usadas en cada célula de la red y que suelen estar situadas en el centro de la célula, generalmente su potencia de transmisión determinan el tamaño de la célula.
4. *Los Subsistemas de soporte y Operación u Operation and Support Subsystem (OSS)*: Los OSS se conectan a diferentes NSS y BSC para controlar y monitorizar toda la red GSM. La tendencia actual en estos sistemas es que, dado que el numero de BSS se esta incrementando se pretende delegar funciones que actualmente se encarga de hacerlas el subsistema OSS en los BTS de modo que se reduzcan los costes de mantenimiento del sistema.

Las redes GSM tienen ciertas limitaciones para la transmisión de datos:

- Velocidad de Transferencia de 9.6kbps.
- Tiempo de establecimiento de conexión de 15 a 30 segundos.
- Pago por tiempo de conexión.
- Problemas para mantener la conectividad en itinerancia (Roaming).



2.2.7 SERVICIO DE MENSAJES CORTOS SMS

El servicio de mensajes cortos SMS (Short Message Service) permite enviar o recibir mensajes breves de texto (máximo de 160 caracteres), desde un teléfono GSM o Centro de Información a otro teléfono GSM. Los mensajes serán visualizados directamente en la pantalla del teléfono o del dispositivo que se encuentre conectado al modem GSM. Al recibir el mensaje, además del texto, se obtiene una serie de datos como es el remitente, la hora y la fecha de recepción [5].

Para el envío de un SMS, es necesario que el dispositivo GSM tenga configurado el número de servicio telefónico del Centro de Mensajes propio del operador. Por defecto el modem utiliza el número que viene almacenado en la propia tarjeta SIM. Se deberá redactar el texto a enviar y finalmente se deberá introducir el número telefónico del destinatario. Una vez enviado, el SMS es transmitido desde la red hacia el teléfono destino. Si este permanece apagado o fuera de cobertura, la red reintentará enviar el mensaje durante 48 horas, superadas las cuales este ya no se entregará [5].

En el estándar GSM hay especificados dos tipos diferentes de SMS [5]:

- SMS Point to Point (SMS/PP).
- SMS Cell Broadcast(SMS/CB).

El primer tipo permite enviar un mensaje de texto de un teléfono GSM a otro, mientras que el tipo SMS/CB permite enviar uno o más mensajes simultáneamente (Broadcast) a todos los teléfonos que estén dentro de una determinada zona de cobertura de uno o más emisores de señal de radio.

El SMS usa un protocolo sin conexión, ya que cuando se transmite un mensaje no se produce ninguna conexión directa entre el terminal que envía y el que recibe, como sucede, por ejemplo, en el caso de las llamadas de voz, datos o fax.



El envío de un SMS/PP desde un teléfono GSMS a otro, tiene que ser considerado como la concatenación de dos operaciones diferentes: la transmisión del mensaje desde el teléfono móvil a una entidad especial hasta el teléfono receptor. La primera operación se denomina SMS-MO (SMS Mobile Originated), mientras que la segunda se conoce como SMS-MT (SMS Mobile Terminated).

Los mensajes de texto SMS pueden ser de dos formatos diferentes, uno es el modo texto y el otro es como datos binarios a 8 bits (modo PDU).

Usando la transmisión binaria, el teléfono ya no visualizara ningún mensaje en la pantalla y se harán necesarios un hardware y una aplicación software capaces de saber leer las informaciones binarias. De esta forma es posible introducir fácilmente una compresión de datos para aumentar la capacidad de cada uno de los mensajes breves o aprovechar este tipo de transmisión para otras aplicaciones. La capacidad máxima con datos a 8 bits es de 140 bytes (1120 bit), pero utilizando os mensajes normales de texto (codificación a 7 bits), la capacidad máxima posible, es de 160 caracteres ($7 \times 160 = 1120$).

Dado que el SMS es un protocolo sin conexión, porque el terminal transmisor y el receptor no están conectados directamente como sucede durante una llamada, el tiempo que transcurre entre la transmisión el mensaje desde un terminal móvil y la recepción del mismo por parte de otro terminal no estándar [5].

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se desarrolló un sistema de control y monitoreo de variables analógicas y digitales de forma inalámbrica, haciendo uso de un modem GSM Siemens TC35, el cual se comunica con el microcontrolador PIC18F4550 quien será el encargado de ejecutar las instrucciones recibidas de forma inalámbrica a través de mensajes cortos SMS.

A modo de dar respuesta a la intención de la presente investigación, se asume la modalidad de **proyecto factible** que según la Universidad de Aragua (1993) establece que:

- “...Consiste en la elaboración de una propuesta que se sustenta en el modelo operativo funcional factible para resolver problemas y situaciones planteadas o satisface las necesidades de institución, empresa o grupo social...”

Igualmente la Universidad Católica Andrés Bello (2005) establece que:

- “...La factibilidad tiene que ver en primer lugar con la posibilidad de asumir la carga económica que pueda representar la investigación y en segundo lugar con la verificación de dispones de los recursos mínimos necesarios para asumir las actividades propias del estudio en el tiempo previsto. Un proyecto se define como factible en la medida que se dispone de la capacidad necesaria para llevarlo a cabo y se pueda superar los inconvenientes potenciales que implica su realización...”



3.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

A continuación se enumera los pasos a seguir para la elaboración de este trabajo especial de grado:

1. **Recopilación de información sobre el modem GSM Siemens TC35, microcontrolador PIC18F4550.** Entre esta información se encuentra la revisión de los manuales de los fabricantes, conceptos básicos, características y funcionamiento de dichos equipos.
2. **Estudio de los comandos AT para el modem GSM.** En este paso se procedió a recolectar toda la información referente a los comandos AT para el Siemens TC35, de manera de tener un conocimiento claro y conciso de cómo controlar este equipo.
3. **Programación del microcontrolador.** Se desarrollaron los programas de control en diagrama de flujo para realizar el control y monitoreo de las entradas y salidas a través del PIC18F4550, realizando pruebas y ajustes para lograr un funcionamiento óptimo del sistema.
4. **Estudio de los software de programación Mikrobasic PRO y de Proteus.** Estos fueron los programas donde se hizo la programación del microcontrolador y la simulación de todas las variables a monitorear y manipular.
5. **Configuración del sistema de control y monitoreo de las entradas y salidas del microcontrolador.** Tomando en cuenta que las variables a monitorear serán temperatura y presencia, y que el control será para tres relés los cuales encenderán la iluminación y el aire acondicionado, se procedió a configurar el sistema de manera que la visualización y cambio de estado de las variables puedan ser realizadas por instrucciones enviadas al



microcontrolador a través del modem GSM al este recibir un mensaje corto SMS. No obstante, las primeras pruebas fueron realizadas sin el modem para verificar la conexión entre el microcontrolador y las entradas/salidas.

6. **Configuración del envío y recepción de instrucciones vía SMS a través de la red GSM.** En esta fase se procedió a configurar y establecer todos los vínculos y comandos AT necesarios para realizar la observación e intervención del microcontrolador y sus variables a través da la red GSM haciendo uso de la mensajería de texto SMS.
7. **Puesta a punto de las líneas de monitoreo.** Teniendo el microcontrolador conectado comunicado con el modem y conectado con las variables a monitorear y controlar, se procedió a realizar pruebas y ajustes finales para lograr la puesta a punto del sistema.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN

Como parte fundamental a la hora de diseñar un sistema inalámbrico de monitoreo y control de un determinado proceso, es necesario conocer las características del funcionamiento de éste y las variables asociadas al mismo, a fin de seleccionar los medios más adecuados para la adquisición y transmisión de los datos requeridos para tal fin. En el caso concreto planteado en este Trabajo de Grado, se trata de un sistema de monitoreo y control de entradas y salidas digitales y analógicas, donde se requiere establecer las especificaciones eléctricas de estas, las cuales en el caso de las entradas vienen dadas por las características de los sensores conectados y en el caso de las salidas por las características de las cargas destinadas a controlar. El criterio de selección del medio de transmisión de los datos sugiere un método confiable y de probada capacidad para el transporte de la información y que permita a la vez facilidad de acceso para el usuario sin representar un elevado costo o nivel de complejidad para el envío y recepción de tramas de datos. A continuación se mostrará una comparación cualitativa de las tecnologías consideradas como alternativa para su implementación final. [Ver Tabla 4]

Tabla 4. Comparación entre los modos de transmisión de datos

TECNOLOGIA	COSTO	COMPLEJIDAD DE IMPLEMENTACION	DISPONIBILIDAD PARA EL USUARIO	VELOCIDAD DE TRANSMISION DE DATOS	ALCANCE
GSM	BAJO	BAJA	ALTA	MEDIA	ALTO
BLUETOOTH	BAJO	BAJA	MEDIA	MEDIA	BAJO
WIFI	ALTO	ALTA	MEDIA	ALTA	MEDIO
ETHERNET	MEDIO	ALTA	ALTA	ALTA	ALTO
ZIGBEE	MEDIO	MEDIO	BAJA	BAJA	BAJO



Una vez comparadas las distintas opciones consideradas, se procede a seleccionar la más adecuada acorde a la prioridad que el criterio utilizado le otorga a cada ítem, resultando así elegida la tecnología GSM como medio de transmisión de datos por presentar en primer lugar un bajo costo, bajo nivel de complejidad para la implementación de la transmisión de datos y un alto alcance para la misma.

El dispositivo seleccionado para establecer la comunicación fue el modem TC35 del fabricante Siemens, el cual opera en las bandas de GSM de 900/1800 MHz, posee soporte para llamadas de voz, servicio de envío y recepción de SMS además de una interfaz SIM de 3 Voltios y comunicación serial RS232. Para la implementación del sistema se hizo uso de la tarjeta adaptadora fabricada por SaintSmart, la cual brinda soporte para el módem TC35 así como acceso a todos los pines del mismo, además de un terminal DB9, conector SMA hembra para la conexión de la antena y un Jack de 3.5 mm para alimentación. [Ver Figura 3. Modem GSM Siemens TC35 Tarjeta Arduino [7]]

Debido a las características de la red que soporta el módem referente a las bandas de frecuencia de operación de 900/1800 Mhz, se seleccionó la empresa Digitel como operadora para brindar soporte a la comunicación con el módem.

Posteriormente se selecciona el dispositivo que actúa como elemento principal del sistema de monitoreo y control, que de acuerdo con el criterio de selección anteriormente aplicado, no debe representar un elevado costo y adicionalmente debe tener la capacidad de manejar la cantidad de entradas y salidas requeridas por el sistema considerando además las características eléctricas de estas.

Como alternativas consideradas en este caso se encuentran un controlador lógico programable o PLC y un microcontrolador, resultando este último la opción elegida debido a su bajo costo y versatilidad debido al soporte para diversos tipos de comunicación como RS232, USB, SPI, I2C, Bus CAN entre otros, lo que le permite conectarse con distintos periféricos así como expandir el número de entradas y salidas a un costo inferior que el que resultaría con otras



alternativas. Dentro de la gama existente de microcontroladores se seleccionó el PIC18F4550 de la empresa Microchip, debido a su mayor disponibilidad en el mercado en comparación con otros microcontroladores de similares características. El Tabla 5 Muestra las principales características de los microcontroladores PIC serie 18 comparados y en la Figura 4. Pines del PIC18F4550.

Tabla 5. Comparación entre Microcontroladores PIC de gama 18

Características	PIC18F2455	PIC18F2550	PIC18F4455	PIC18F4550
Frecuencia De operación	DC-48 MHz	DC-48 MHz	DC-48 MHz	DC-48 MHz
Memoria De Programa (Bytes)	24576	32768	24576	32768
Memoria De Datos (Bytes)	2048	2048	2048	2048
Memoria EEPROM De Datos (Bytes)	256	256	256	256
Fuentes de Interrupción	19	19	20	20
Puertos de E/S	24	24	35	35
Temporizadores	4	4	4	4
Convertidor ADC 10 Bits	10 Entradas	10 Entradas	13 Entradas	13 Entradas
Comunicación Serial	MSSP/USART	MSSP/USART	MSSP/USART	MSSP/USART
Módulo CCP	2	2	1	1

Fuente: Microchip

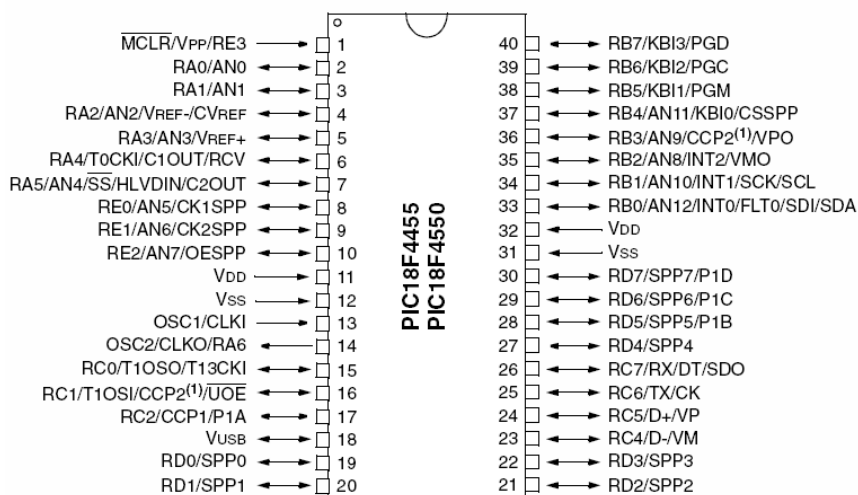


Figura 4. Pines del PIC18F4550

4.2 DISEÑO DE LOS CIRCUITOS DE ENTRADA Y SALIDA

Una vez seleccionados tanto el medio de transmisión de datos como el elemento principal del sistema de monitoreo y control, se procede a realizar el diseño de los circuitos de entrada y salida, para lo cual es necesario inicialmente establecer los niveles de tensión y corriente de las cargas que manejará el sistema, así como la naturaleza de la impedancia que representan.

Para las salidas de 110 voltios se seleccionó accionamiento a relé, debido a su simplicidad de implementación, bajo costo y reducido espacio necesario para su montaje, el elemento elegido fue un relé SPTD de 5 Voltios con contactos para 120V/12A de la marca Omron, las principales características de este dispositivo se detallan en la hoja de datos suministrada por el fabricante. [Ver Tabla 6. Especificaciones técnicas de relé para salidas]

Tabla 6. Especificaciones técnicas de relé para salidas

Bobina		Contactos	
Voltaje nominal	5 VDC	Voltaje nominal	120V/250V
Corriente Nominal	79.4 mA	Corriente Nominal	12A/7A
Resistencia	63 Ω	Resistencia	100 m Ω máx
Potencia	400 mW	Potencia	240 W

Debido a que la corriente requerida por el relé excede la capacidad de los puertos del microcontrolador, se escogió utilizar transistores como drivers entre este y las salidas.

El ULN2003 es un arreglo de transistores Darlington en un encapsulado Dip 16, [Ver Figura 5]. Se compone de siete transistores NPN con salida de cátodo común y diodo de fijación para la conmutación de cargas inductivas, proporcionando hasta 500 mA y 50 Voltios por salida.

Se seleccionó este dispositivo debido a que cumple con los requerimientos de corriente y tensión de los relés y adicionalmente requiere menor espacio que utilizar un circuito discreto para

manejar cada salida. La configuración interna de cada par de entrada y salida del ULN2003 es la mostrada en las figuras 5 y 6.

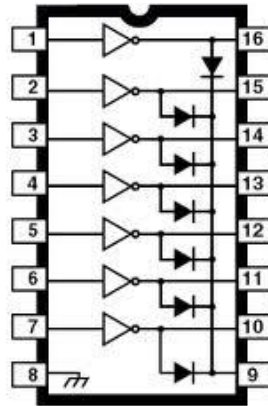


Figura 5. Configuración interna del driver de Entrada y Salida

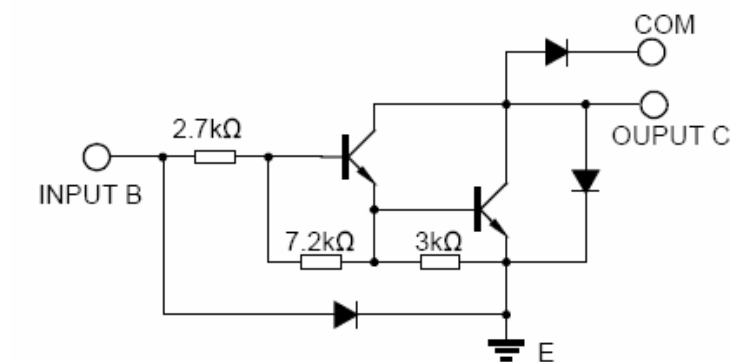


Figura 6. Circuito de configuración interna de Entrada y Salida

Para el diseño de las salidas de potencia se eligió utilizar triacs en lugar de relés como en el caso anterior, debido a que la potencia manejada por estas salidas es mayor, el elemento seleccionado fue el triac BTB24, con capacidad para 600V/25A, lo que cumple con los requerimientos de las salidas de potencia, el circuito de control para estas es el mostrado en la Figura 7.

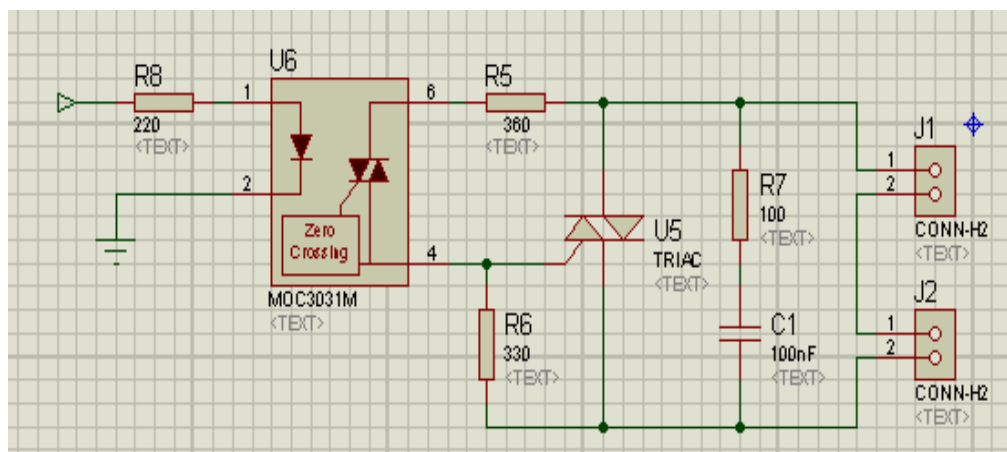


Figura 7. Circuito para el manejo de Salidas Potencia

Para el diseño de las entradas se escogió utilizar optoacopladores para aislar electricamente los pines I/O del microcontrolador de los sensores que se conecten, el elemento empleado en este diseño es el 4N25, que es un optoacoplador estándar de un único canal, conformado por un diodo infrarrojo de arseniuro de galio y un fototransistor NPN, posee una velocidad de conmutación de 3 μ s y un aislamiento de 2500 V. El diagrama interno del optoacoplador se muestra en la figura 8 y la figura 9 Muestra el diagrama del circuito de entrada, el aspecto físico del encapsulado DIP 6.

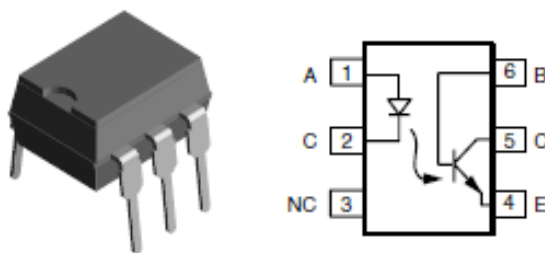


Figura 8. Circuito de configuración interna del Optoacoplador

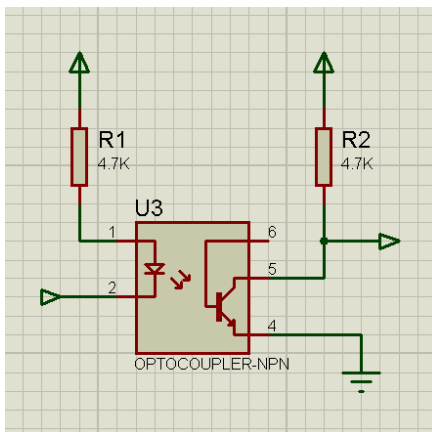


Figura 9. Circuito de conexión del Optoacoplador

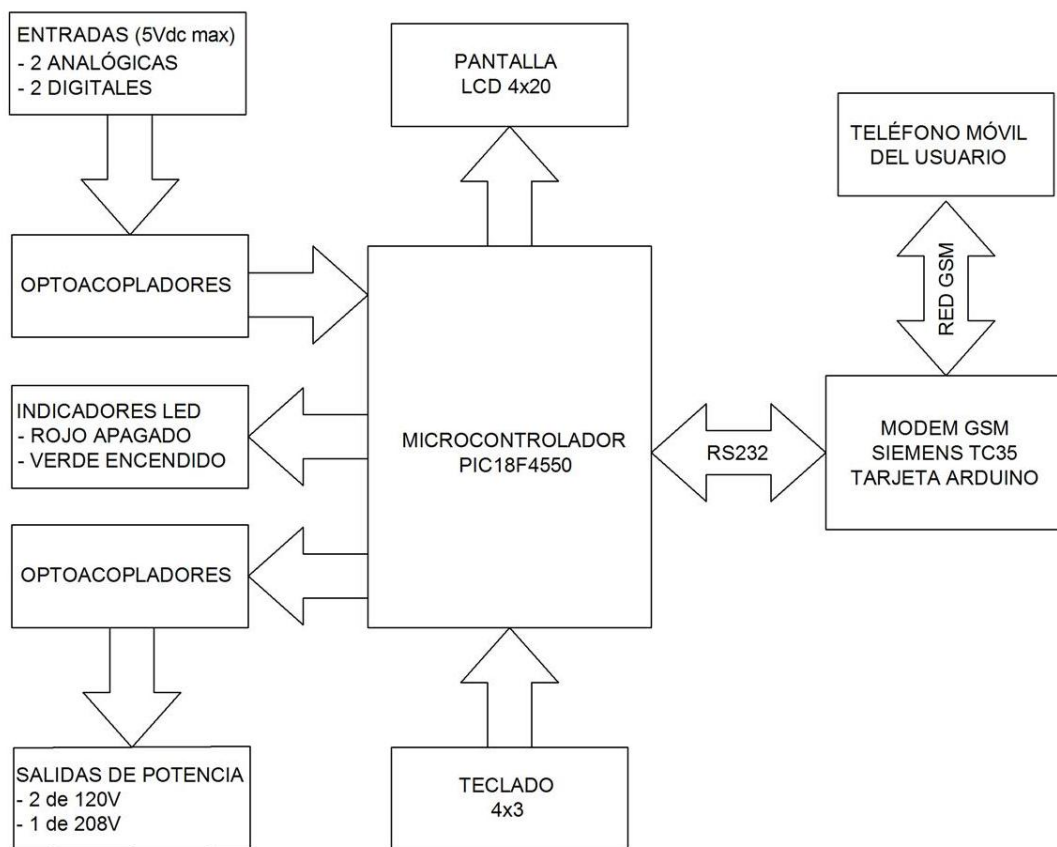


Figura 10. Diagrama de Bloques del Sistema en General

A continuación se mostrará en la figura 11 el circuito general del sistema el cual está comprendido por las tarjetas del microcontrolador, entradas y salidas del sistema. Para poder visualizar estas tarjetas y la lista de componentes que se requirieron vaya a la sección de Apéndices.

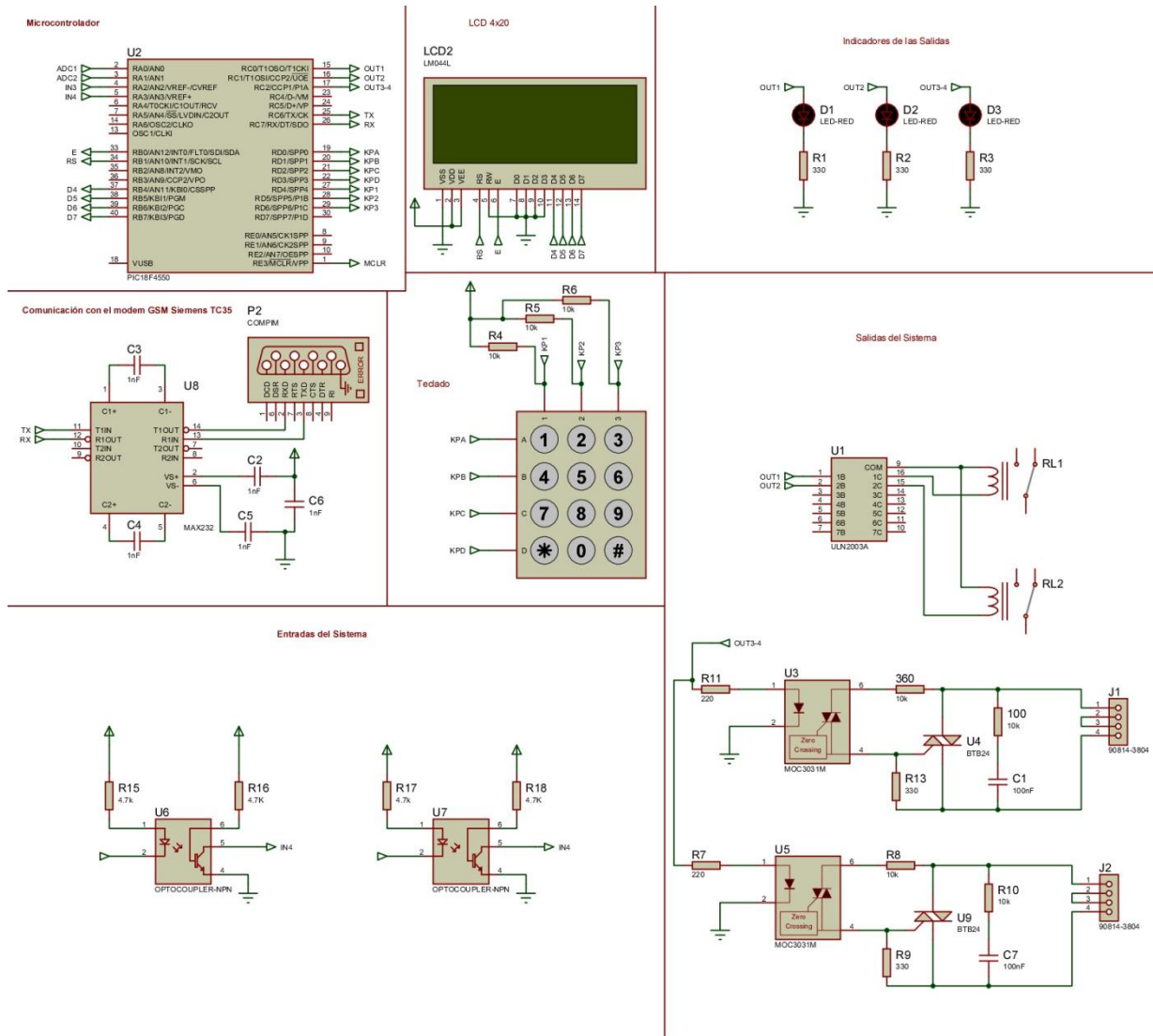


Figura 11 Circuito General del Sistema

4.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR

4.3.1 DIAGRAMA GENERAL

En este se muestra cuales son las opciones principales para la cual el microcontrolador está programado a detectar, una vez que se encuentre en una de estas opciones ira a las subrutinas correspondientes para atender la acción y luego volver a este ciclo infinito ver Figura 12.

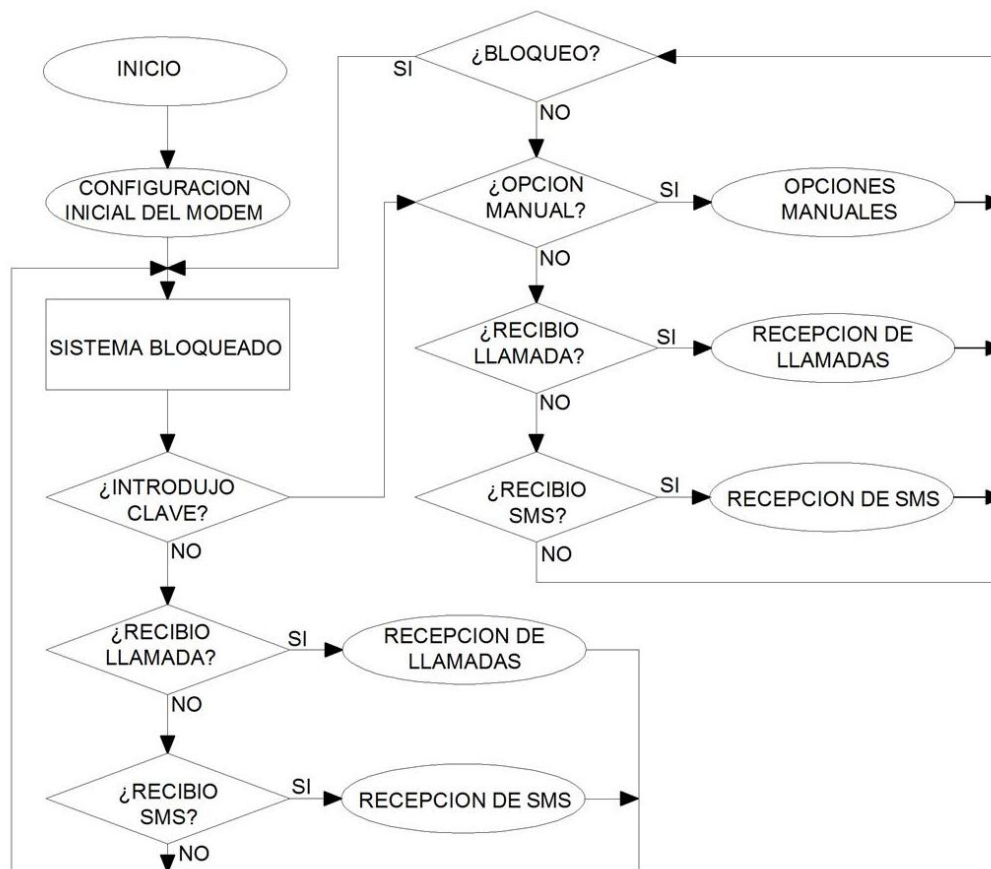


Figura 12. Diagrama general del software

4.3.1.1 DIAGRAMA DE CONFIGURACIÓN INICIAL DEL MODEM

Estas son las configuraciones iniciales que el pic le indica al modem para poder cumplir con las tareas expuestas en el diagrama general. Ajuste de comunicación en 9600 baudios, introducir código PIN del SIM, modo texto en la lectura de SMS, aviso de nuevo SMS, mostrar número telefónico del la llamada entrante. [Ver Figura 13]

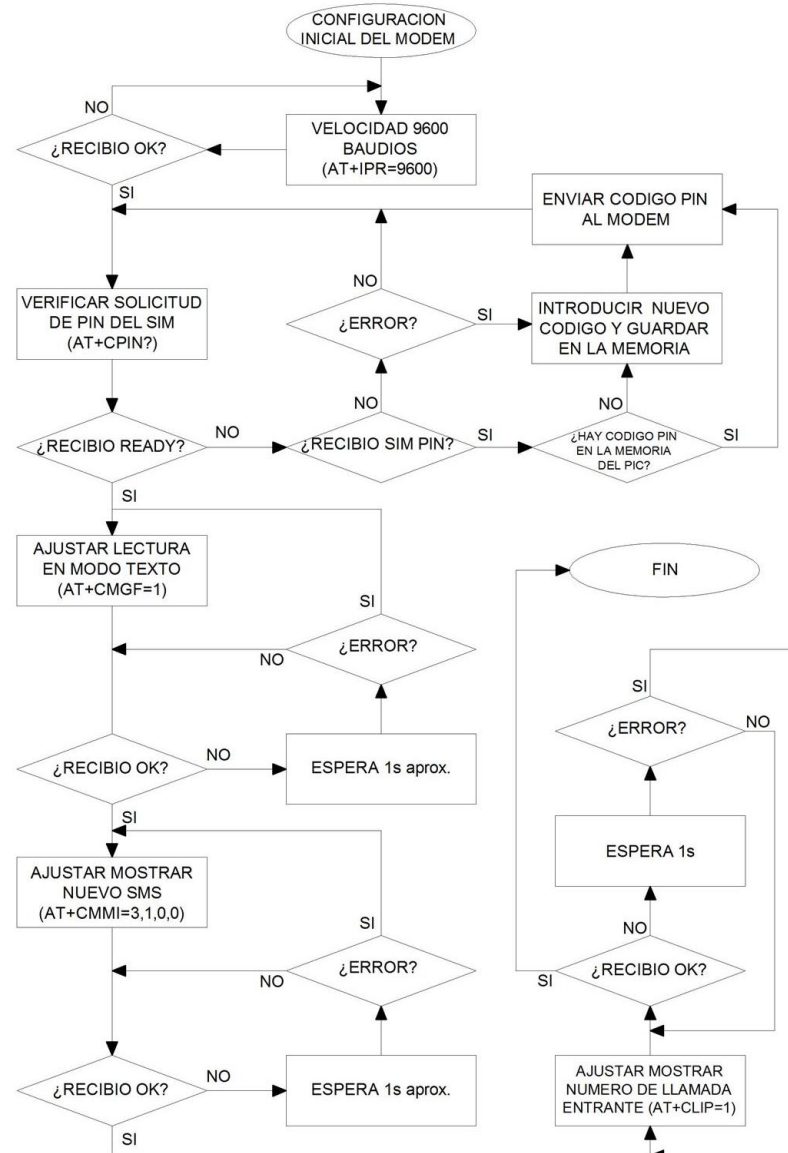


Figura 13. Diagrama de Configuración inicial del Modem

4.3.1.2 DIAGRAMA DE OPCIONES MANUALES

Estas son las opciones que se mostraran en la pantalla de la LCD después de haber hecho las configuraciones iniciales, las cuales serán seleccionadas según el numero presionado en el teclado. [Ver Figura 14]

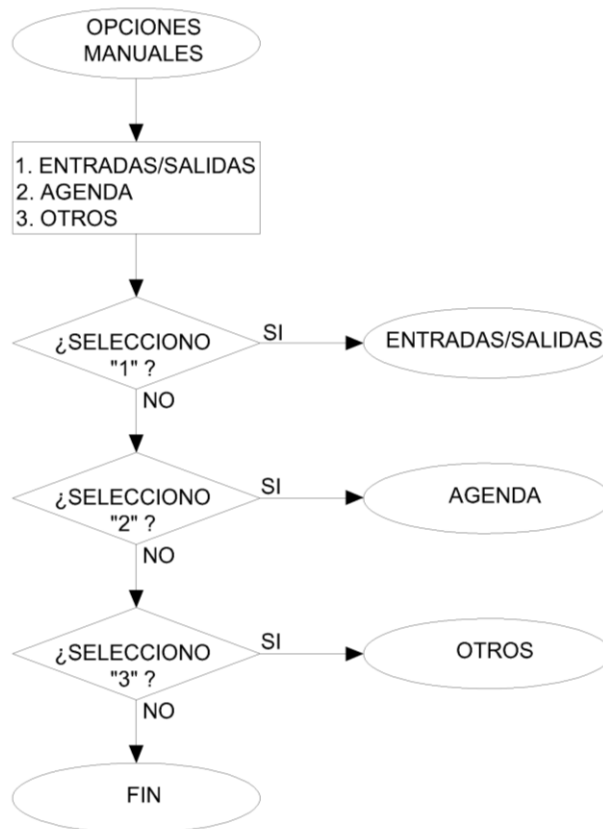


Figura 14. Diagrama de Opciones Manuales

4.3.1.2.1 DIGRAMA DE ENTRADAS Y SALIDAS

En esta etapa se pueden ver en la pantalla LCD los estados de las entradas y salidas. Se visualizan las 2 entradas analógicas y 2 digitales y 3 salidas de potencia. [Ver Figura 15]

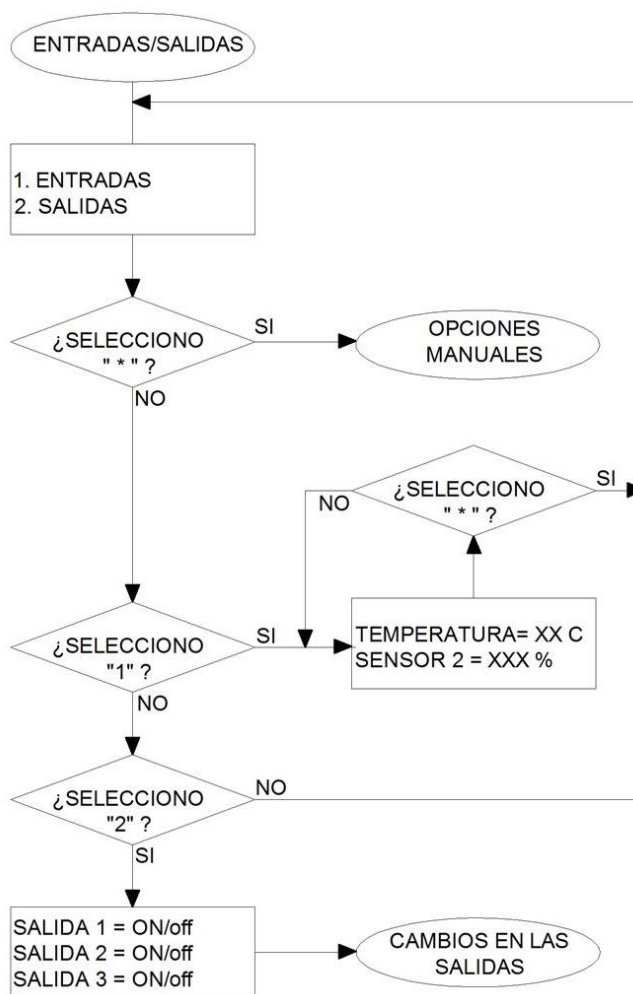


Figura 15. Diagrama de Entradas y Salidas

4.3.1.2.1.1 DIAGRAMA DE CAMBIOS EN LA SALIDA

Se pueden cambiar el estado de cualquiera de las 3 salidas seleccionando el número correspondiente en el teclado para luego apagar o encender según el estado previo. [Ver Figura 16]

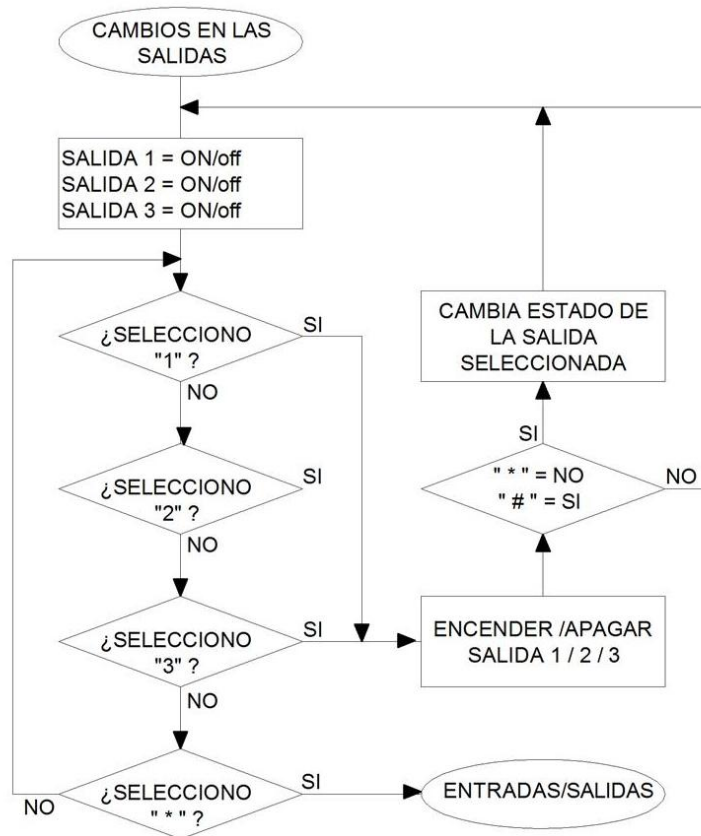


Figura 16. Diagrama de cambios en las Salidas

4.3.1.2.2 DIAGRAMA DE AGENDA ALMACENADA EN EL PIC

Al ingresar a esta parte del menú se podrá visualizar, agregar y eliminar los números telefónicos guardados en la memoria EEPROM del microcontrolador. Inicialmente solo se mostrará la opción agregar por no haber ningún número guardado en la memoria y una vez almacenados los 10 números en la memoria solo se podrá visualizar las opciones de ver y eliminar. [Ver Figura 17]

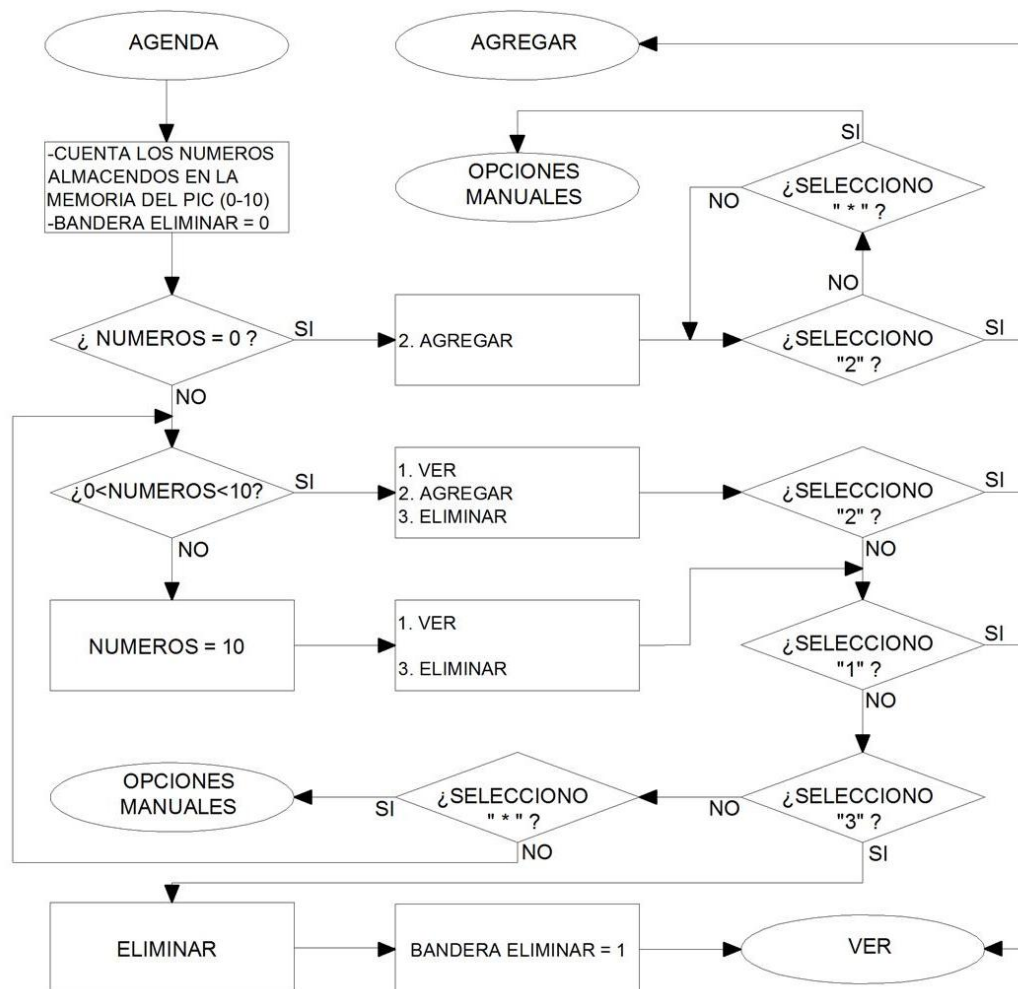


Figura 17. Diagrama de agenda almacenada en la memoria del PIC

DIAGRAMA PARA VER NÚMEROS EN LA MEMORIA DEL PIC

A esta opción se podrá ingresar al presionar la tecla correspondiente o eliminar del menú de la agenda, mostrando los tres primeros números guardados, luego los siguientes tres si existen en la memoria y por último los cuatro restantes (la memoria es de un máximo de 10 números telefónicos). Al presionar la opción eliminar se podrá realizar esta opción al pulsar el número correspondiente. [Ver Figura 18]

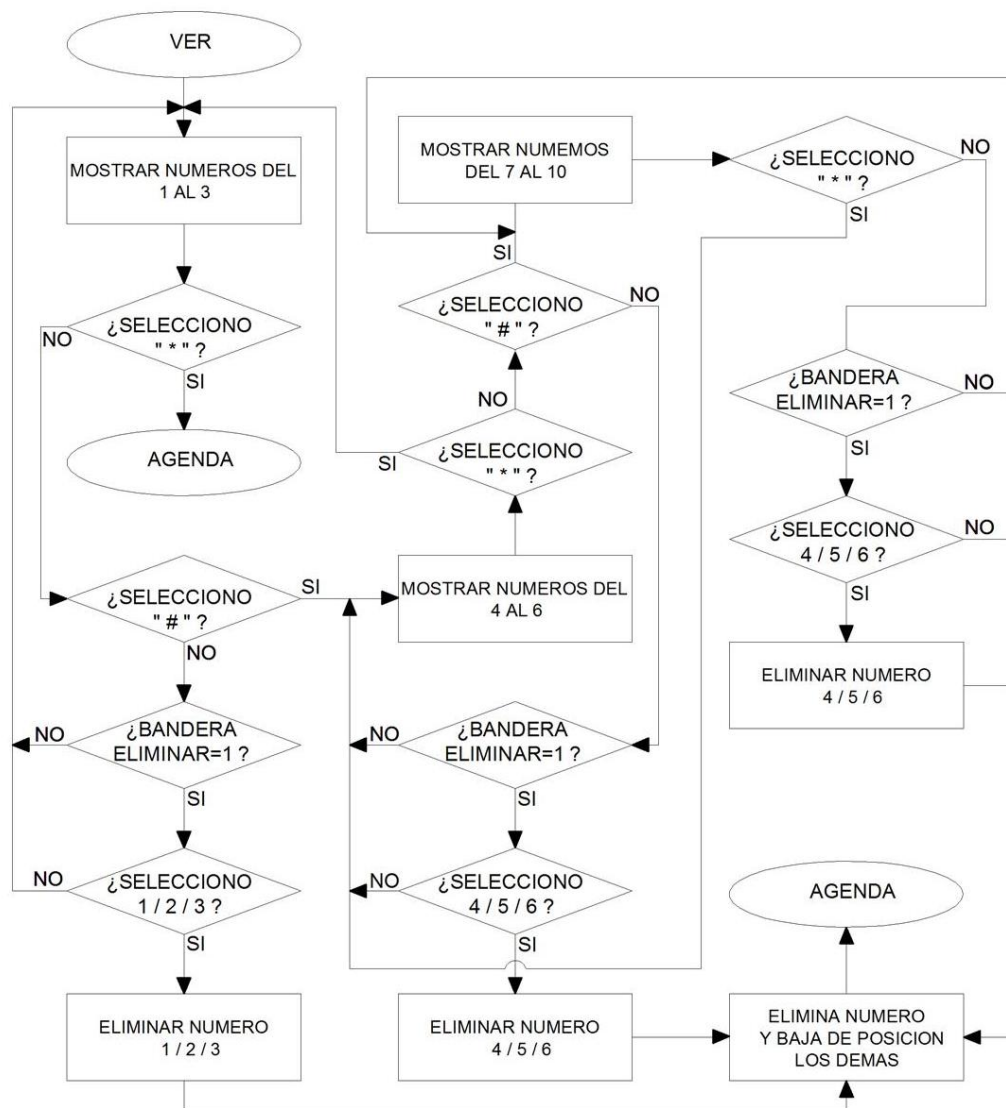


Figura 18. Diagrama para ver los números en la memoria de PIC

4.3.1.2.2 DIAGRAMA PARA AGREGAR NÚMEROS EN LA MEMORIA DEL PIC

Para agregar un número telefónico es necesario ingresar el código sin el cero que precede normalmente a los mismos. Ejm: 41X – 555 55 55 (10 dígitos). [Ver Figura 19]

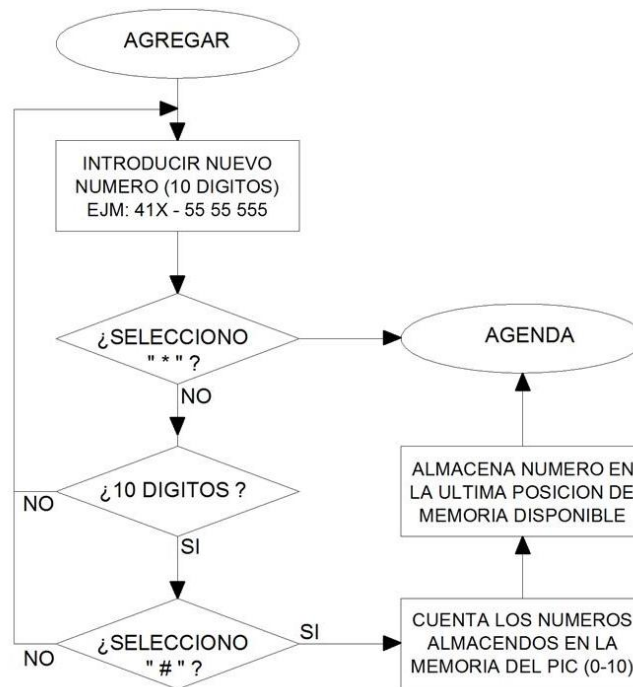


Figura 19. Diagrama para agregar números en la memoria del PIC

4.3.1.2.3.1 DIAGRAMA DE LA SELECCIÓN 3 DE LA OPCIÓN OTROS

Aquí se puede cambiar la clave del sistema, el cual será de 4 dígitos, los cuales serán necesarios introducir por segunda vez para comprobar que la coincidencia de los números marcados una vez realizado esto la clave se almacena en la memoria del microcontrolador. En caso de ser errónea la segunda vez o de pulsar atrás en algún momento, el programa enviara al usuario al menú anterior y manteniendo la antigua clave. [Ver Figura 21 Diagrama de selección 3 de la Opción Otros]

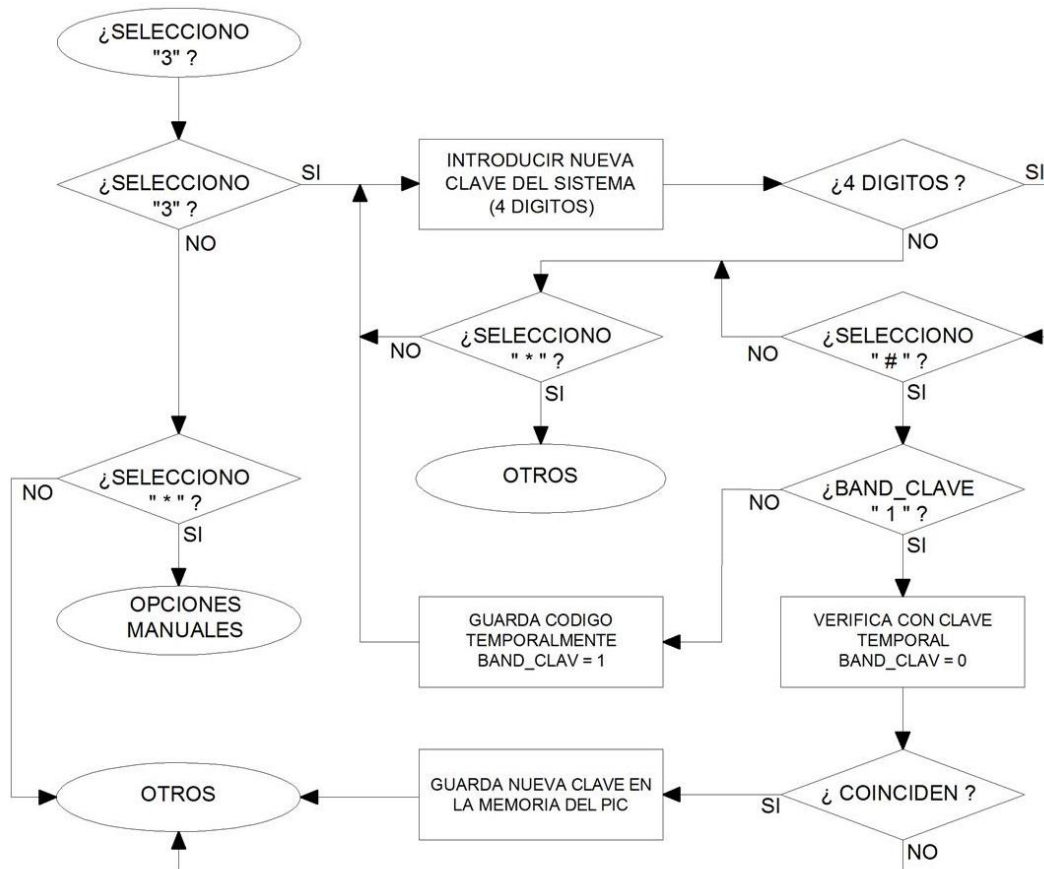


Figura 21 Diagrama de selección 3 de la Opción Otros

4.3.1.3 DIAGRAMA DE RECEPCIÓN DE LLAMADAS

Al momento de recibir llamadas el microcontrolador revisa si el número está guardado en la memoria, de no estar registrado regresa al menú general del sistema o de ser afirmativo este procede a leer los estados de las entradas y salidas para luego enviar el por SMS dicha información. [Ver Figura 30. Recepción de Llamadas y SMS]

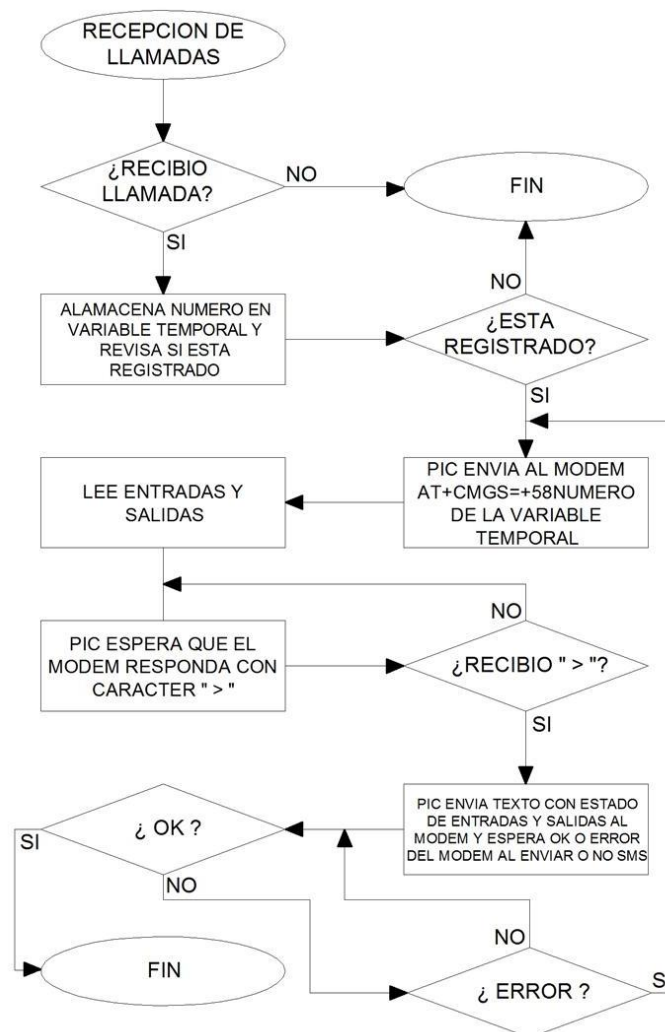


Figura 22 Diagrama de Recepción de llamadas

4.3.1.4 DIAGRAMA DE RECEPCIÓN DE SMS

Al momento de recibir un SMS el microcontrolador revisa si el número está guardado en la memoria, de no estar registrado regresa al menú general del sistema y de ser afirmativo este procede a leer mensaje de texto, para luego encender o apagar alguna de las tres salidas. Una vez realizado la acción descrita el sistema procede a enviar un SMS al usuario para verificar que la acción fue realizada con éxito. [Ver Figura 23 Diagrama de recepción de SMS]

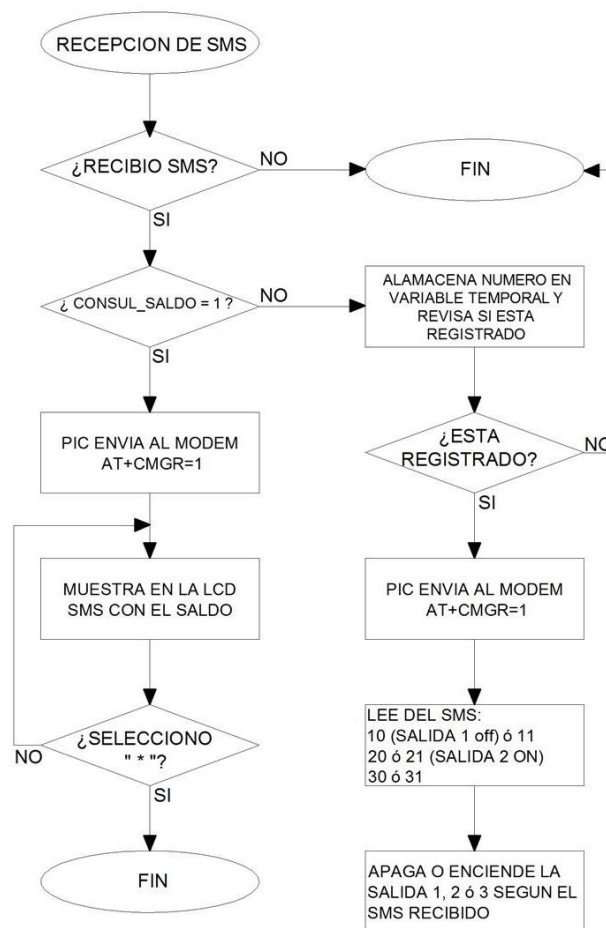


Figura 23 Diagrama de recepción de SMS

CAPÍTULO V

MANUAL DE USUARIO

5.1 OBJETIVO DE ESTE MANUAL

El objetivo primordial de éste Manual es ayudar y guiar al usuario a utilizar el Sistema Control y Monitoreo de Inalámbrico de Entradas y Salidas Digitales, Analógicas y de Potencia Mediante la Tecnología GSM, obteniendo información deseada para poder despejar todas las dudas existentes acerca del manejo (Ver apéndice):

- Guía para iniciar y acceder al sistema.
- Conocer cómo utilizar el sistema, mediante una descripción detallada e ilustrada de los casos de uso.
- Conocer el alcance de toda la información por medio de una explicación detallada e ilustrada de cada una de las páginas que lo conforman.

5.2 DIRIGIDO A

Este manual está orientado a todos los usuarios que requieran observar y manipular a distancia, el estado de variables digitales, analógicas o de potencia de manera segura y confiable.



5.3 CONOCIMIENTOS BÁSICOS

Los conocimientos mínimos que deberán tener las personas al utilizar este sistema:

- Manejo de SIM y línea telefónica de la red Digitel.
- Conocimiento acerca de insertar saldo en una línea Digitel.
- Nociones de envío de mensajes cortos y realización de llamadas desde un teléfono celular.
- Conocimientos básicos de electricidad (Voltaje, Amperaje y Potencia).
- Conexión de sensores digitales y analógicos de 5Vdc máximo.

5.4 CONVENCIONES A UTILIZAR

Entre las convenciones y estándares a utilizar tenemos

- Al momento de seleccionar alguna opción mostrada en la pantalla del sistema, la numeración mostrada en la misma coincidirá con la del teclado: [1], [2], [3] entre otros.
- La tecla [*] será utilizada para anular alguna acción o volver a la pantalla anterior.
- La tecla [#] será utilizada para guardar o aceptar alguna acción.

5.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Para la utilización y manipulación óptima del sistema se deberá tomar en cuenta los siguientes requerimientos [Ver Figura 24. Diagrama de Bloque del Sistema]:

- Utilizar un SIM de la operadora **Digitel**, ya que el sistema funciona en las bandas de frecuencias de 900/1800 MHz.
- Sistema de control y monitoreo requiere de una alimentación de 5Vdc que soporte 1.5A.
- **2 entradas analógicas** las cuales deberán tener un rango de voltaje (0–5) Vdc y deberán ser cableadas con cables calibre #18 AWG.



- **2 entradas digitales** las cuales deberán tener un rango de voltaje (0–5) Vdc y deberán ser cableadas con cables calibre #18 AWG.
- **2 salidas de potencia** 120Vac que necesitan la alimentación de 2 fases del tablero de distribución eléctrica del área o de 2 circuitos a los cuales se desean controlar. Las cargas conectadas no deberán exceder los 10 amperios o una potencia de 1200VA. El calibre del cable deberá ser #12 AWG.
- **1 salida de potencia** 208Vac que necesitan la alimentación de 2 fases del tablero de distribución eléctrica del cual se desea controlar. La carga conectada no deberá exceder los 20 amperios por fase o una potencia total de 2400VA. El calibre del cable de cada una de las fases deberá ser #12 AWG.
- El sistema requiere de un cable de neutro calibre THHN #8 AWG proveniente del tablero principal de distribución eléctrica.

5.6 INGRESO AL SISTEMA

Para ingresar al sistema correctamente debemos tener en cuenta los siguientes pasos:

1. Asegurarse de tener bien conectadas todas las entradas y salidas.
2. Conectar el regulador o cargador al sistema, para luego proceder a enchufarlo a la toma de 120V.
3. Esperar que el sistema realice los ajustes necesarios para su configuración. [Ver Figura 25]
4. Insertar el código de acceso de cuatro dígitos del sistema, presionar para poder tener ingresar a las opciones de menú que este le ofrece. [Ver Figura 25]
5. Una vez terminado las configuraciones manuales necesarias bloquear el sistema dejando presionado la tecla .
6. Luego para ingresar al sistema y hacer los cambios que se deseen se realiza el paso 4.
7. Para poder visualizar el estado de las entradas y salidas conectadas al sistema desde cualquier teléfono móvil, es necesario llamar a la línea GSM que éste posee,



automáticamente será colgada su llamada y luego de cinco segundos aproximadamente le enviará un SMS indicando los valores y estados del mismo.

8. Para realizar el cambio de estado de alguna de las tres salidas conectadas al sistema desde cualquier teléfono móvil, es necesario enviar un SMS a la línea GSM que posee el sistema, éste mensaje corto deberá tener solo dos caracteres, donde el primero será el numero de la salida a controlar y el segundo indicará el estado en que se desea colocar la variable, pudiendo ser el número uno o cero cuyo valor activará o desactivará correspondientemente la salida indicada. Luego de cinco segundos aproximadamente el sistema le enviará un SMS indicando los valores y estados del mismo permitiéndole al usuario poder comprobar que la acción ha sido ejecutada satisfactoriamente. No obstante se deberá enviar un mensaje corto por salida a controlar a la vez. Ejemplo: para activar la salida uno se envía el siguiente texto “11”, para desactivar la salida tres se enviará en otro SMS “30”.
9. Para poder realizar los pasos 7 y 8 es necesario estar registrado en el sistema; es decir, que el número telefónico del usuario este guardado en la memoria del mismo, de lo contrario éste no tomará en cuenta su llamada o SMS.

5.7 OPERACIONES DEL SISTEMA

El sistema posee cinco opciones principales de operación, de las cuales tres se muestran en el menú de inicio, las cuales son: Entradas/Salidas, Agenda y Otros [Ver Figura 26. Principales Opciones]. Las otras operaciones restantes son las de recibir llamadas y mensajes cortos, que se ejecutan una vez que se ocurre tal evento.

- **Entradas/Salidas:** En esta etapa se pueden ver en la pantalla LCD los estados de las entradas y salidas. Se visualizan las 2 entradas analógicas, 2 entradas digitales y 3 salidas de potencia. [Ver Figura 27. Entradas y Salidas]



- **Agenda:** Al ingresar a esta parte del menú se podrá visualizar, agregar y eliminar los números telefónicos guardados en la memoria del sistema. Inicialmente solo se mostrará la opción agregar por no haber ningún número guardado en la memoria y una vez almacenados los 10 números en la memoria solo se podrá visualizar las opciones de ver y eliminar. [Ver Figura 28. Opciones de la Agenda Telefónica]
- **Otros:** En esta etapa se podrá consultar saldo de la línea telefónica, insertar el saldo mostrando por la pantalla del sistema las respuestas correspondientes recibidas por la operadora. Además se puede cambiar la clave para ingresar al sistema. [Ver Figura 29. Opciones Varias]
- **Recepcion de Llamadas:** Al momento de recibir llamadas el sistema revisa si el número está guardado en la memoria, de no estar registrado regresa al menú general del sistema y de ser afirmativo este procede a leer los estados de las entradas y salidas para luego enviar el por SMS dicha información. Para que el sistema ejecute esta acción la pantalla deberá estar en el menú principal de inicio. [Ver Figura 30. Recepción de Llamadas y SMS]
- **Recepción de SMS:** Al momento de recibir un SMS el sistema revisa si el número está guardado en la memoria, de no estar registrado regresa al menú general del sistema y de ser afirmativo este procede a leer mensaje de texto, para luego encender o apagar alguna de las tres salidas. Una vez realizado la acción descrita el sistema procede a enviar un SMS al usuario para verificar la acción fue realizada con éxito. Para que el sistema ejecute esta acción la pantalla deberá estar en el menú principal de inicio. [Ver Figura 30. Recepción de Llamadas y SMS]
- **Entrada:** En esta etapa el sistema le muestra al usuario el estado de la temperatura medida por sensor, el porcentaje medido por el sensor analógico 2, la activación o no del sensor de movimiento y del sensor 4. [Ver Figura 27. Entradas y Salidas]
- **Salida:** Se pueden cambiar el estado de cualquiera de las 3 salidas de potencia seleccionando el número correspondiente en el teclado para luego apagar o encender según el estado previo. [Ver Figura 27. Entradas y Salidas]
- **Ver Números Telefónicos Almacenados:** A esta opción se podrá ingresar al presionar la opción ver o eliminar del menú de la agenda, mostrando los tres primeros números guardados,



luego los siguientes tres si existen en la memoria y por último los cuatro restantes (la memoria es de un máximo de 10 números telefónicos). [Ver Figura 28. Opciones de la Agenda Telefónica]

- **Agregar Números Telefónicos Almacenados:** Para agregar un número telefónico es necesario ingresar el código sin el cero que precede normalmente a éstos. Ejm: 41X – 555 55 55 (10 dígitos). [Ver Figura 28. Opciones de la Agenda Telefónica]
- **Eliminar Números Telefónicos Almacenados:** Al presionar la opción eliminar se podrá realizar esta opción al pulsar el número correspondiente. En esta opción los números se muestra de igual manera que lo hace la opción ver. [Ver Figura 28. Opciones de la Agenda Telefónica]
- **Consultar Saldo:** En esta sección solo es necesario marcar la tecla uno del menú de otros, y automáticamente el sistema llama a la operadora de Digitel y este responde con un mensaje corto indicando saldo disponible, cantidad de SMS y cuando debe aplicarse una nueva tarjeta. [Ver Figura 29. Opciones Varias]
- **Insertar Saldo:** Para realizar esta acción es solo es necesario colocar el número secreto de la tarjeta y presionar numeral, al hacer esto la red le responderá si la aplicación ha sido exitosa o no. [Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**]
- **Cambio de Clave de Acceso al Sistema:** Aquí se puede cambiar la clave del sistema, el cual será de 4 dígitos, los cuales serán necesarios introducir por segunda vez para comprobar que la coincidencia de los números marcados una vez realizado esto la clave se almacena en la memoria del microcontrolador. En caso de ser errónea la segunda vez o de pulsar atrás en algún momento, el programa enviara al usuario al menú anterior y manteniendo la antigua clave. [Ver Figura 29. Opciones Varias]

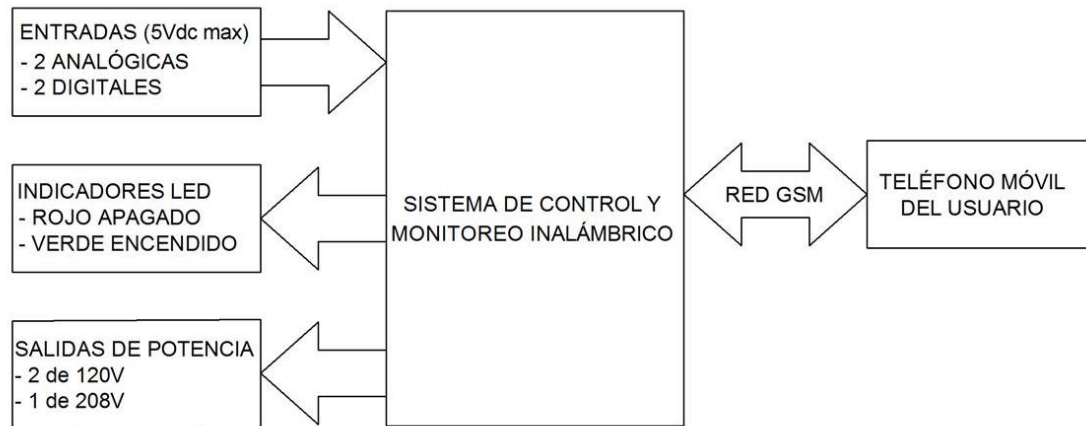


Figura 24. Diagrama de Bloque del Sistema

A continuación se mostrará una serie de diagramas que enseñará al usuario las posibles visualizaciones que aparecerán en la pantalla del sistema a medida que se desplaza por las opciones manuales de la plataforma.



5.8 CASOS DE USO DE LAS OPERACIONES DEL SISTEMA

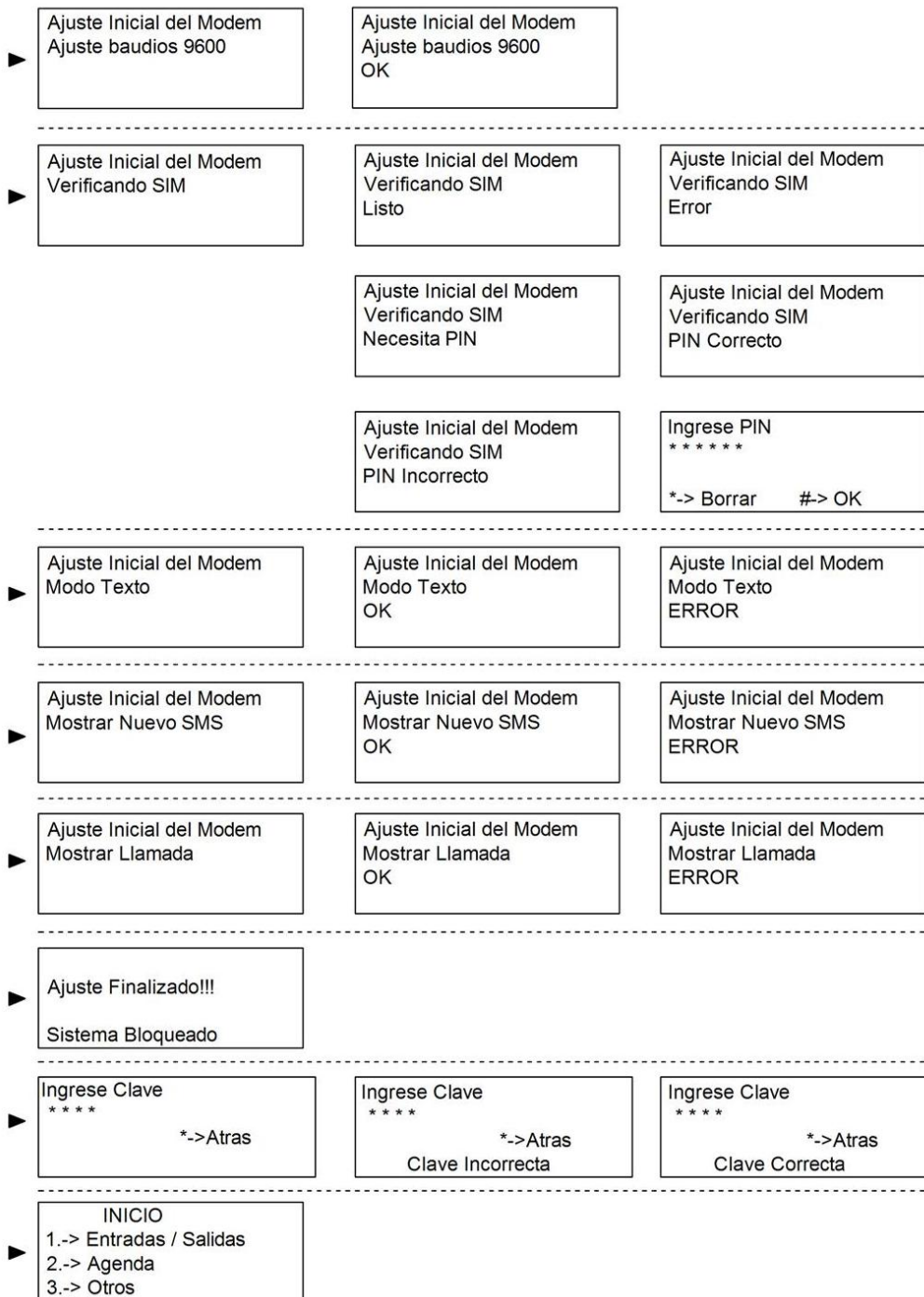


Figura 25. Configuración Inicial del Sistema

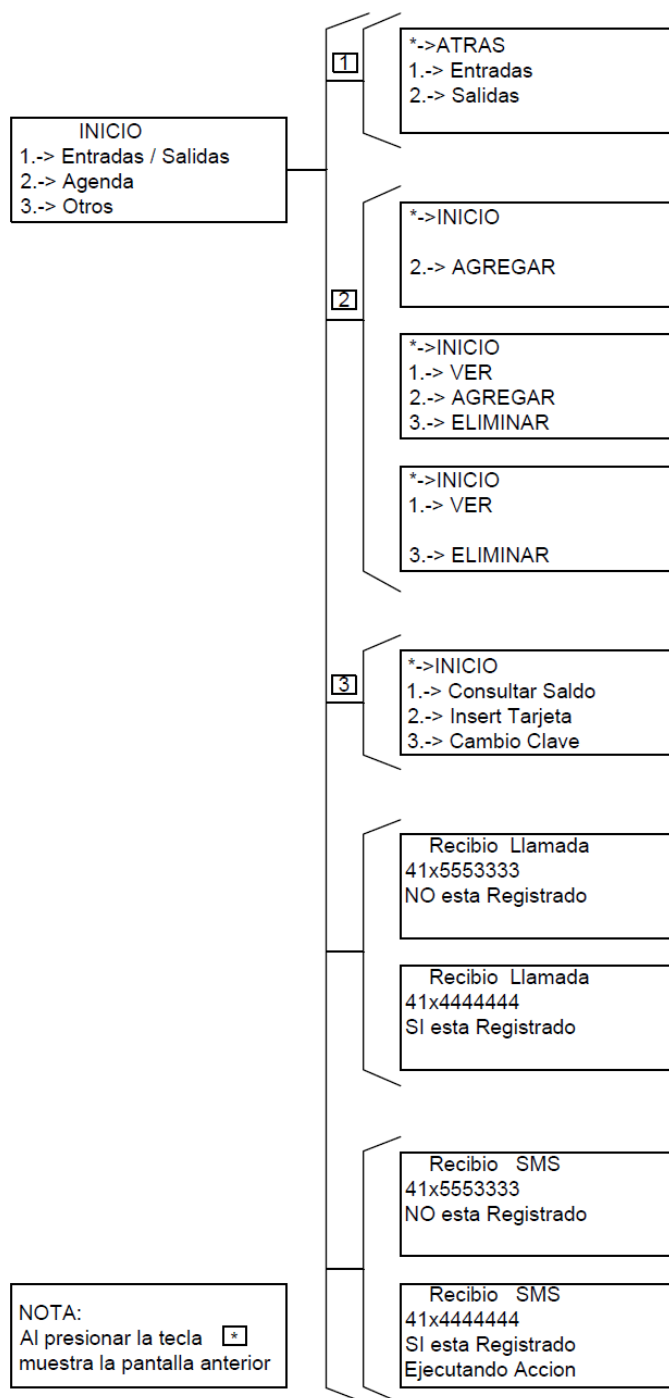


Figura 26. Principales Opciones

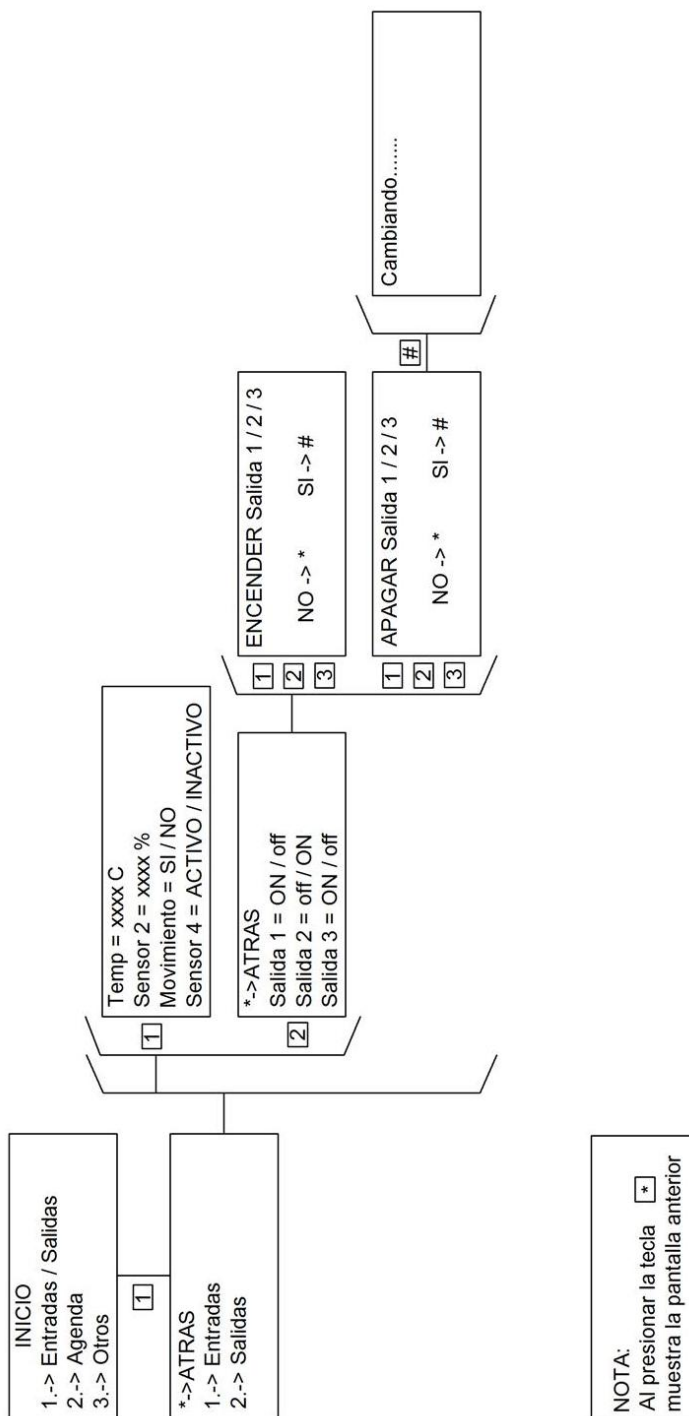


Figura 27. Entradas y Salidas

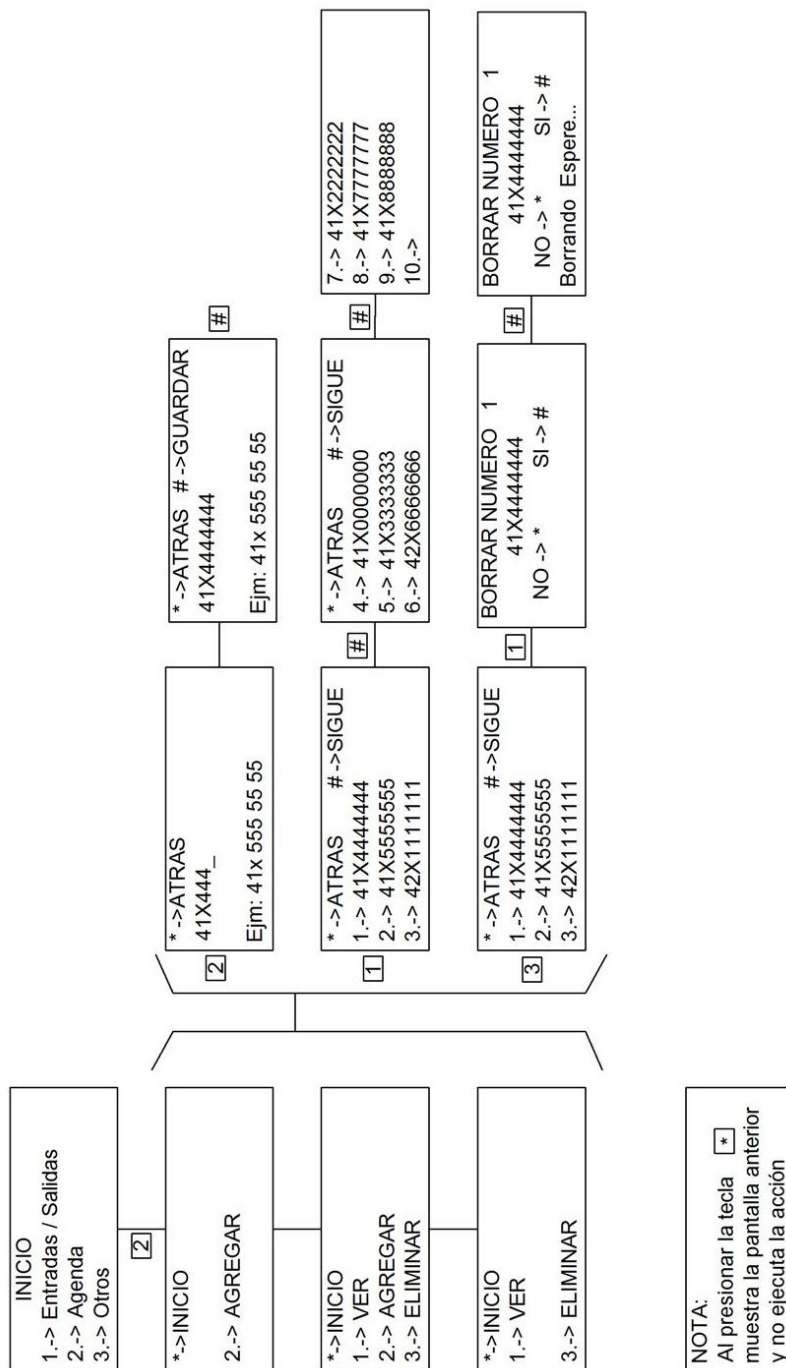


Figura 28. Opciones de la Agenda Telefónica

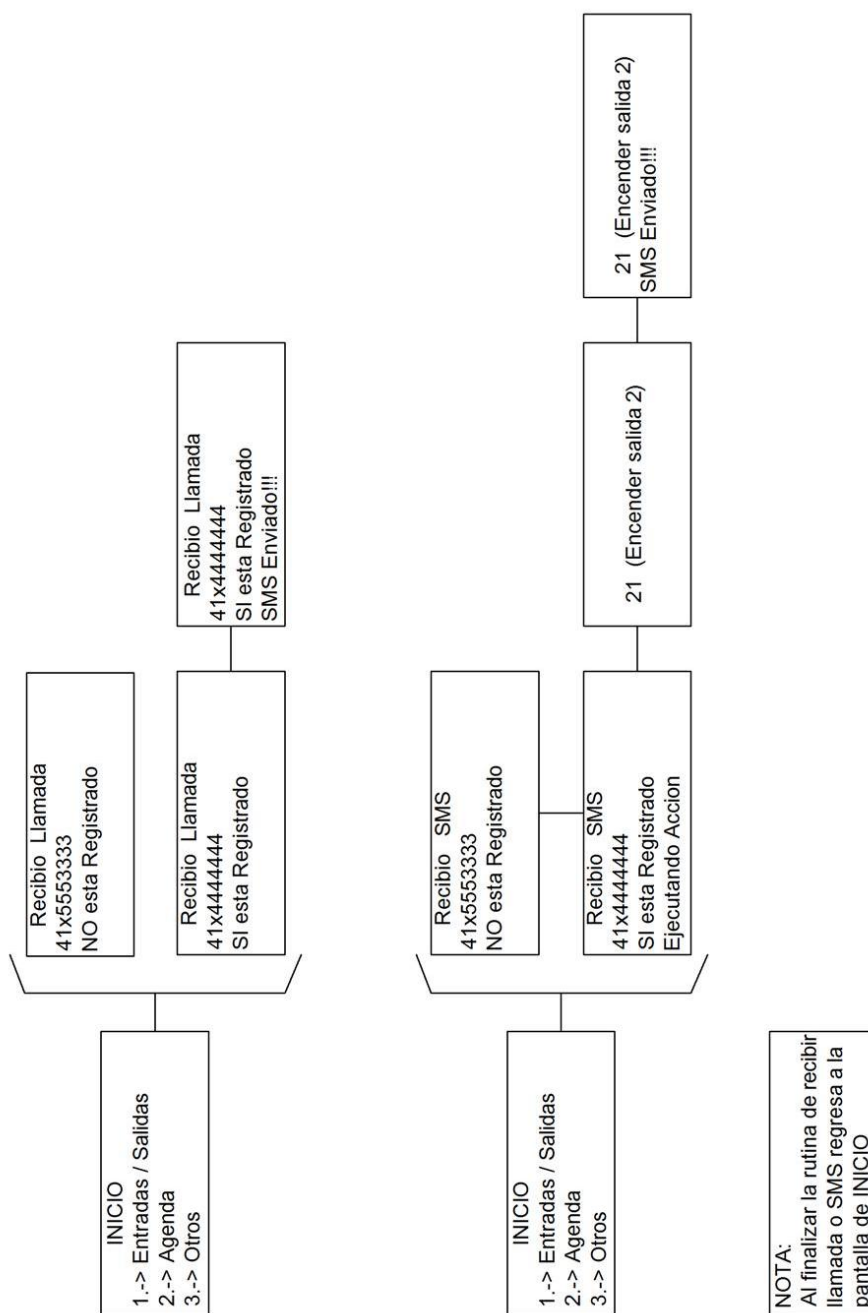


Figura 30. Recepción de Llamadas y SMS



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- ✓ El proceso de integración de los elementos que componen el sistema de monitoreo y control como lo son el módem GSM, el módulo de entradas/salidas y el microcontrolador, se ve simplificado realizando previamente la verificación del funcionamiento de cada uno de los elementos por separado, lo que permite identificar y corregir con mayor eficacia los errores existentes durante el proceso de desarrollo.
- ✓ La necesidad de implementar sistemas de control y monitoreo de variables en forma inalámbrica, se hace cada vez más frecuentes no solo a nivel industrial sino también a nivel residencial y comercial, siendo en este último caso la principal aplicación el área de la domótica, el cual agrupa los ámbitos de ahorro energético, seguridad, comunicaciones, accesibilidad y confort. La gran variedad aplicaciones y el creciente avance tecnológico indican que sistemas como este serán cada vez más utilizados.
- ✓ En Venezuela existen empresas dedicadas a implementar estos sistemas de domótica, quienes en su gran mayoría se encargan solo de ensamblar e instalar equipos importados, dejando de lado el verdadero diseño, programación y construcción de productos propios, que a fin de cuentas no solo disminuirían los costos de utilización de este tipo de sistemas, sino que además representaría un incentivo a la producción y construcción de dispositivos y artefactos en nuestro país.



RECOMENDACIONES

- Desarrollar una aplicación bajo un sistema operativo para equipos móviles que permita el envío y recepción de mensajes de texto para controlar el módulo de entradas y salidas mediante una interfaz gráfica diseñada para este fin.
- Ampliar las funciones de control del sistema como la posibilidad de consultar y recargar saldo al SIM mediante el envío de mensajes cortos de texto sin necesidad de ingresar directamente a las opciones del menú, lo que permitiría ejecutar estas acciones a distancia, así como implementar un mayor número de entradas y salidas.
- Incorporación de conexión USB al módulo de entradas y salidas así como el desarrollo de un software que permita el control del mismo mediante un computador, añadiendo la posibilidad del empleo de Ethernet como medio alternativo de transmisión de datos para el control del módulo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alvarez, A., & Guzman, P. (2009). *DESARROLLO DE UN TRANSMISOR INTELIGENTE DE TEMPERATURA PARA TERMOCUPLAS Y DETECTORES TEMPERATURA POR RESISTENCIA BASADO EN MICROCONTROLADORES*. Valencia: Universidad de Carabobo.
- [2] Rondon, A., & Sarmiento, D. (2008). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA MEDIANTE UN CANAL GSM PARA EL MONITOREO DEL CLIMA Y EL ESTADO DEL TRANSITO VEHICULAR*. Bárbula: Universidad de Carabobo.
- [3] Silva, R. (2006). *DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN PARA REALIZAR PRUEBAS AUTOMÁTICAS DE CALIDAD DE SERVICIO CON EL EQUIPO CERTIFICADOR BASADO EN EL MODEM GSM WAVECOM*. Bárbula: Universidad de Carabobo.
- [4] Ruiz, J. (2006). *EQUALIZACIÓN DEL CANAL DE PROPAGACIÓN EN UN SISTEMA DE COMUNICACIONES MÓVILES GSM APLICANDO REDES NEURONALES ARTIFICIALES*. Valencia: Universidad de Carabobo.
- [5] Martín, C. P. (2008). *CONTROL DE MODEM GSM DESDE MICROCONTROLADOR*. Barcelona: Universidad Politecnica de Barcelona.
- [6] Siemens. (2004). *Cojunto de comandos AT (Motores Celulares Siemens Modulo TC35)*. Alemania.
- [7] Siemens. (2001). *Descripción de la Interfaz de Hardware(Motores Celulares Siemen TC35/TC37)*. Alemania.



ANEXOS

DATA SHEET PIC18F4550



PIC18F2455/2550/4455/4550

Data Sheet

28/40/44-Pin, High-Performance,
Enhanced Flash, USB Microcontrollers
with nanoWatt Technology



MICROCHIP PIC18F2455/2550/4455/4550

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1 μ A typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (Tcy/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (Tcy)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I²CTM Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

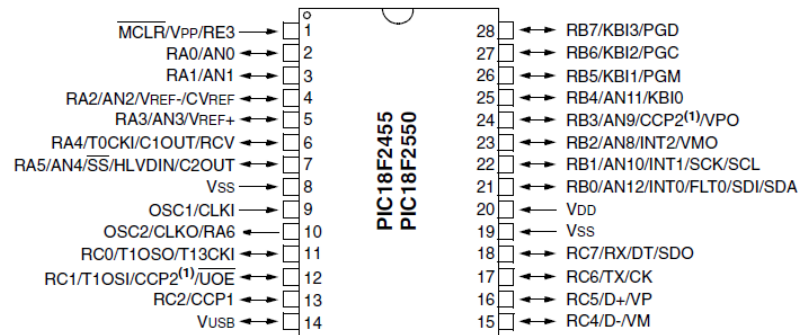
- C Compiler Optimized Architecture with optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial ProgrammingTM (ICSPTM) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Device	Program Memory		Data Memory		I/O	10-Bit A/D (ch)	CCP/ECCP (PWM)	SPP	MSSP		EUSART	Comparators	Timers 8/16-Bit
	Flash (bytes)	# Single-Word Instructions	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					SPI	Master I ² C TM			
PIC18F2455	24K	12288	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F2550	32K	16384	2048	256	24	10	2/0	No	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4455	24K	12288	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3
PIC18F4550	32K	16384	2048	256	35	13	1/1	Yes	Y	Y	1	2	1/3

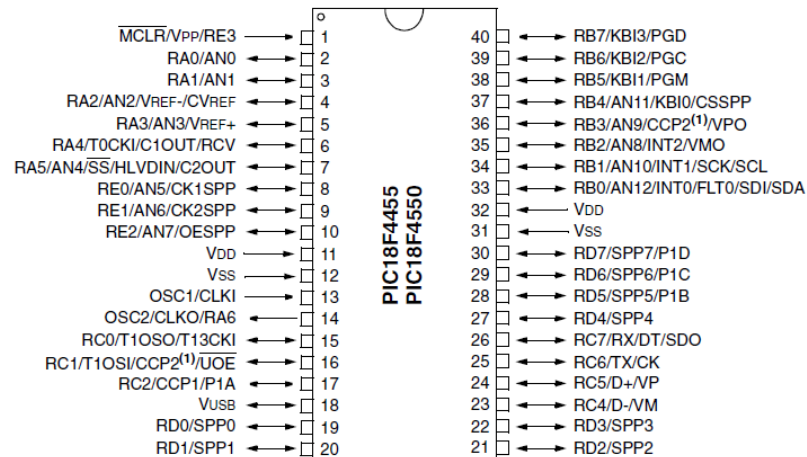


Pin Diagrams

28-Pin PDIP, SOIC



40-Pin PDIP



Note 1: RB3 is the alternate pin for CCP2 multiplexing.



2.0 OSCILLATOR CONFIGURATIONS

2.1 Overview

Devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family incorporate a different oscillator and microcontroller clock system than previous PIC18F devices. The addition of the USB module, with its unique requirements for a stable clock source, make it necessary to provide a separate clock source that is compliant with both USB low-speed and full-speed specifications.

To accommodate these requirements, PIC18F2455/2550/4455/4550 devices include a new clock branch to provide a 48 MHz clock for full-speed USB operation. Since it is driven from the primary clock source, an additional system of prescalers and postscalers has been added to accommodate a wide range of oscillator frequencies. An overview of the oscillator structure is shown in Figure 2-1.

Other oscillator features used in PIC18 enhanced microcontrollers, such as the internal oscillator block and clock switching, remain the same. They are discussed later in this chapter.

2.1.1 OSCILLATOR CONTROL

The operation of the oscillator in PIC18F2455/2550/4455/4550 devices is controlled through two Configuration registers and two control registers. Configuration registers, CONFIG1L and CONFIG1H, select the oscillator mode and USB prescaler/postscaler options. As Configuration bits, these are set when the device is programmed and left in that configuration until the device is reprogrammed.

The OSCCON register (Register 2-2) selects the Active Clock mode; it is primarily used in controlling clock switching in power-managed modes. Its use is discussed in **Section 2.4.1 “Oscillator Control Register”**.

The OSCTUNE register (Register 2-1) is used to trim the INTRC frequency source, as well as select the low-frequency clock source that drives several special features. Its use is described in **Section 2.2.5.2 “OSCTUNE Register”**.

2.2 Oscillator Types

PIC18F2455/2550/4455/4550 devices can be operated in twelve distinct oscillator modes. In contrast with previous PIC18 enhanced microcontrollers, four of these modes involve the use of two oscillator types at once. Users can program the FOSC3:FOSC0 Configuration bits to select one of these modes:

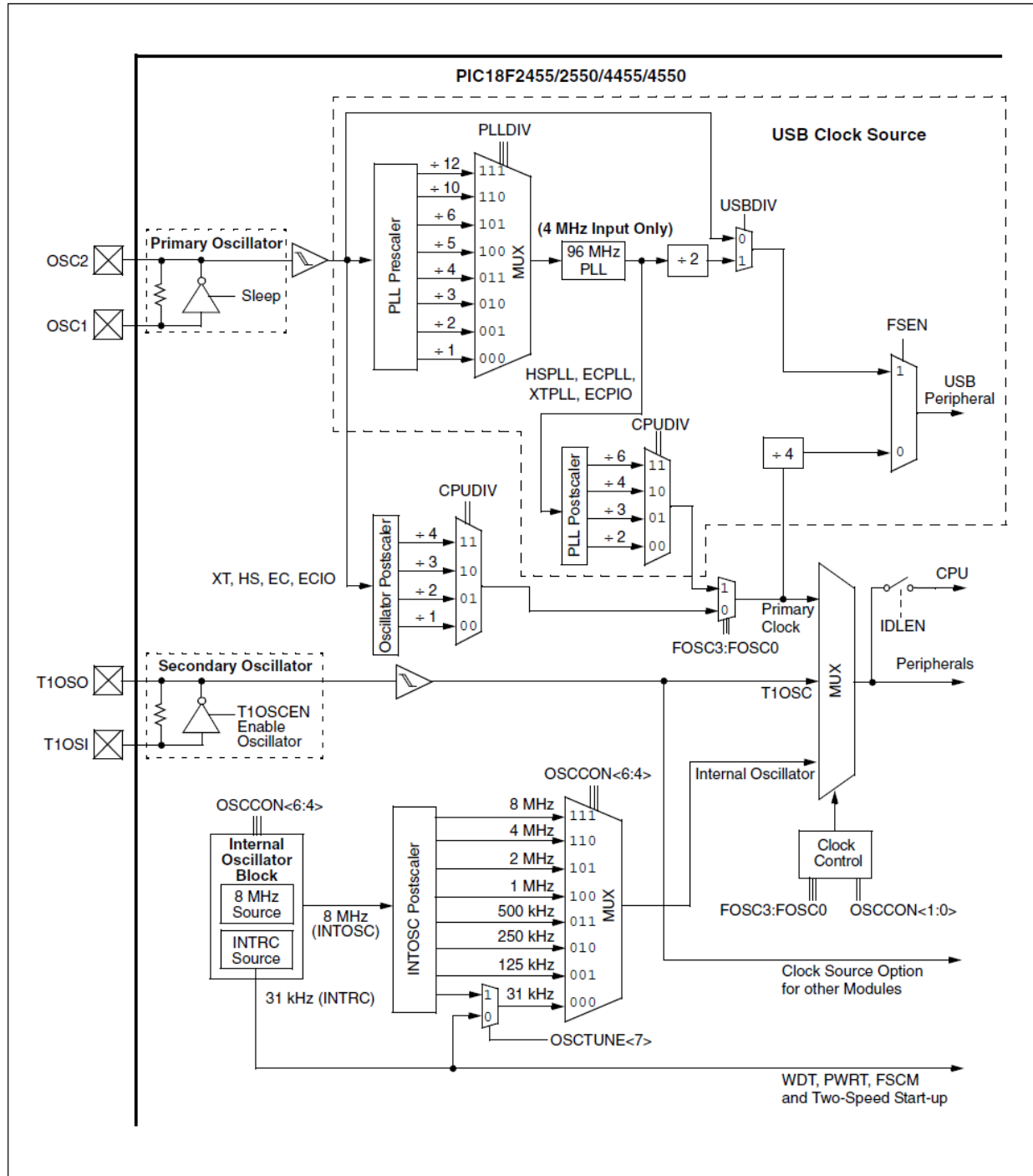
1. XT Crystal/Resonator
2. XTPLL Crystal/Resonator with PLL enabled
3. HS High-Speed Crystal/Resonator
4. HSPLL High-Speed Crystal/Resonator with PLL enabled
5. EC External Clock with Fosc/4 output
6. ECIO External Clock with I/O on RA6
7. ECPLL External Clock with PLL enabled and Fosc/4 output on RA6
8. ECPIO External Clock with PLL enabled, I/O on RA6
9. INTHS Internal Oscillator used as microcontroller clock source, HS Oscillator used as USB clock source
10. INTXT Internal Oscillator used as microcontroller clock source, XT Oscillator used as USB clock source
11. INTIO Internal Oscillator used as microcontroller clock source, EC Oscillator used as USB clock source, digital I/O on RA6
12. INTCKO Internal Oscillator used as microcontroller clock source, EC Oscillator used as USB clock source, Fosc/4 output on RA6

2.2.1 OSCILLATOR MODES AND USB OPERATION

Because of the unique requirements of the USB module, a different approach to clock operation is necessary. In previous PICmicro® devices, all core and peripheral clocks were driven by a single oscillator source; the usual sources were primary, secondary or the internal oscillator. With PIC18F2455/2550/4455/4550 devices, the primary oscillator becomes part of the USB module and cannot be associated to any other clock source. Thus, the USB module must be clocked from the primary clock source; however, the microcontroller core and other peripherals can be separately clocked from the secondary or internal oscillators as before.

Because of the timing requirements imposed by USB, an internal clock of either 6 MHz or 48 MHz is required while the USB module is enabled. Fortunately, the microcontroller and other peripherals are not required to run at this clock speed when using the primary oscillator. There are numerous options to achieve the USB module clock requirement and still provide flexibility for clocking the rest of the device from the primary oscillator source. These are detailed in **Section 2.3 “Oscillator Settings for USB”**.

FIGURE 2-1: PIC18F2455/2550/4455/4550 CLOCK DIAGRAM





2.2.2 CRYSTAL OSCILLATOR/CERAMIC RESONATORS

In HS, HSPLL, XT and XTPLL Oscillator modes, a crystal or ceramic resonator is connected to the OSC1 and OSC2 pins to establish oscillation. Figure 2-2 shows the pin connections.

The oscillator design requires the use of a parallel cut crystal.

Note: Use of a series cut crystal may give a frequency out of the crystal manufacturer's specifications.

FIGURE 2-2: CRYSTAL/CERAMIC RESONATOR OPERATION (XT, HS OR HSPLL CONFIGURATION)

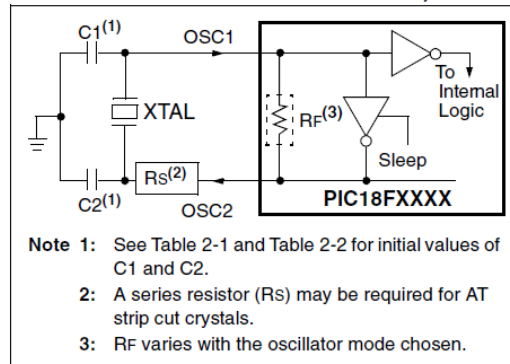


TABLE 2-1: CAPACITOR SELECTION FOR CERAMIC RESONATORS

Typical Capacitor Values Used:			
Mode	Freq	OSC1	OSC2
XT	4.0 MHz	33 pF	33 pF
HS	8.0 MHz	27 pF	27 pF
	16.0 MHz	22 pF	22 pF

Capacitor values are for design guidance only.

These capacitors were tested with the resonators listed below for basic start-up and operation. **These values are not optimized.**

Different capacitor values may be required to produce acceptable oscillator operation. The user should test the performance of the oscillator over the expected VDD and temperature range for the application.

See the notes following Table 2-2 for additional information.

Resonators Used:	
4.0 MHz	
8.0 MHz	
16.0 MHz	

TABLE 2-2: CAPACITOR SELECTION FOR CRYSTAL OSCILLATOR

Osc Type	Crystal Freq	Typical Capacitor Values Tested:	
		C1	C2
XT	4 MHz	27 pF	27 pF
HS	4 MHz	27 pF	27 pF
	8 MHz	22 pF	22 pF
	20 MHz	15 pF	15 pF

Capacitor values are for design guidance only.

These capacitors were tested with the crystals listed below for basic start-up and operation. **These values are not optimized.**

Different capacitor values may be required to produce acceptable oscillator operation. The user should test the performance of the oscillator over the expected VDD and temperature range for the application.

See the notes following this table for additional information.

Crystals Used:	
4 MHz	
8 MHz	
20 MHz	

Note 1: Higher capacitance increases the stability of oscillator but also increases the start-up time.

2: When operating below 3V VDD, or when using certain ceramic resonators at any voltage, it may be necessary to use the HS mode or switch to a crystal oscillator.

3: Since each resonator/crystal has its own characteristics, the user should consult the resonator/crystal manufacturer for appropriate values of external components.

4: Rs may be required to avoid overdriving crystals with low drive level specification.

5: Always verify oscillator performance over the VDD and temperature range that is expected for the application.

An internal postscaler allows users to select a clock frequency other than that of the crystal or resonator. Frequency division is determined by the CPUDIV Configuration bits. Users may select a clock frequency of the oscillator frequency, or 1/2, 1/3 or 1/4 of the frequency.

An external clock may also be used when the microcontroller is in HS Oscillator mode. In this case, the OSC2/CLKO pin is left open (Figure 2-3).



TABLE 10-1: PORTA I/O SUMMARY

Pin	Function	TRIS Setting	I/O	I/O Type	Description
RA0/AN0	RA0	0	OUT	DIG	LATA<0> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTA<0> data input; disabled when analog input enabled.
	AN0	1	IN	ANA	A/D input channel 0 and Comparator C1- input. Default configuration on POR; does not affect digital output.
RA1/AN1	RA1	0	OUT	DIG	LATA<1> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTA<1> data input; reads '0' on POR.
	AN1	1	IN	ANA	A/D input channel 1 and Comparator C2- input. Default configuration on POR; does not affect digital output.
RA2/AN2/ VREF-/CVREF	RA2	0	OUT	DIG	LATA<2> data output; not affected by analog input. Disabled when CVREF output enabled.
		1	IN	TTL	PORTA<2> data input. Disabled when analog functions enabled; disabled when CVREF output enabled.
	AN2	1	IN	ANA	A/D input channel 2 and Comparator C2+ input. Default configuration on POR; not affected by analog output.
	VREF-	1	IN	ANA	A/D and comparator voltage reference low input.
	CVREF	x	OUT	ANA	Comparator voltage reference output. Enabling this feature disables digital I/O.
RA3/AN3/ VREF+	RA3	0	OUT	DIG	LATA<3> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTA<3> data input; disabled when analog input enabled.
	AN3	1	IN	ANA	A/D input channel 3 and Comparator C1+ input. Default configuration on POR.
	VREF+	1	IN	ANA	A/D and comparator voltage reference high input.
RA4/T0CKI/ C1OUT/RCV	RA4	0	OUT	DIG	LATA<4> data output; not affected by analog input.
		1	IN	ST	PORTA<4> data input; disabled when analog input enabled.
	T0CKI	1	IN	ST	Timer0 clock input.
	C1OUT	0	OUT	DIG	Comparator 1 output; takes priority over port data.
	RCV	x	IN	TTL	External USB transceiver RCV input.
RA5/AN4/ $\overline{SS}$ / HLVDIN/C2OUT	RA5	0	OUT	DIG	LATA<5> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTA<5> data input; disabled when analog input enabled.
	AN4	1	IN	ANA	A/D input channel 4. Default configuration on POR.
	$\overline{SS}$	1	IN	TTL	Slave select input for SSP (MSSP module).
	HLVDIN	1	IN	ANA	High/Low-Voltage Detect external trip point input.
	C2OUT	0	OUT	DIG	Comparator 2 output; takes priority over port data.
OSC2/CLKO/ RA6	OSC2	x	OUT	ANA	Main oscillator feedback output connection (all XT and HS modes).
	CLKO	x	OUT	DIG	System cycle clock output (Fosc/4); available in EC, ECPLL and INTCKO modes.
	RA6	0	OUT	DIG	LATA<6> data output. Available only in ECIO, ECPIO and INTIO modes; otherwise, reads as '0'.
		1	IN	TTL	PORTA<6> data input. Available only in ECIO, ECPIO and INTIO modes; otherwise, reads as '0'.

Legend: OUT = Output, IN = Input, ANA = Analog Signal, DIG = Digital Output, ST = Schmitt Buffer Input, TTL = TTL Buffer Input, x = Don't care (TRIS bit does not affect port direction or is overridden for this option)



TABLE 10-3: PORTB I/O SUMMARY

Pin	Function	TRIS Setting	I/O	I/O Type	Description
RB0/AN12/ INT0/FLT0/ SDI/SDA	RB0	0	OUT	DIG	LATB<0> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTB<0> data input; weak pull-up when $\overline{\text{RBP}}\text{U}$ bit is cleared. Disabled when analog input enabled. ⁽¹⁾
	AN12	1	IN	ANA	A/D input channel 12. ⁽¹⁾
	INT0	1	IN	ST	External interrupt 0 input.
	FLT0	1	IN	ST	Enhanced PWM Fault input (ECCP1 module); enabled in software.
	SDI	1	IN	ST	SPI data input (MSSP module).
	SDA	1	OUT	DIG	I ² C™ data output (MSSP module); takes priority over port data.
		1	IN	I ² C/SMB	I ² C data input (MSSP module); input type depends on module setting.
RB1/AN10/ INT1/SCK/ SCL	RB1	0	OUT	DIG	LATB<1> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTB<1> data input; weak pull-up when $\overline{\text{RBP}}\text{U}$ bit is cleared. Disabled when analog input enabled. ⁽¹⁾
	AN10	1	IN	ANA	A/D input channel 10. ⁽¹⁾
	INT1	1	IN	ST	External interrupt 1 input.
	SCK	0	OUT	DIG	SPI clock output (MSSP module); takes priority over port data.
		1	IN	ST	SPI clock input (MSSP module).
	SCL	0	OUT	DIG	I ² C clock output (MSSP module); takes priority over port data.
		1	IN	I ² C/SMB	I ² C clock input (MSSP module); input type depends on module setting.
RB2/AN8/ INT2/VMO	RB2	0	OUT	DIG	LATB<2> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTB<2> data input; weak pull-up when $\overline{\text{RBP}}\text{U}$ bit is cleared. Disabled when analog input enabled. ⁽¹⁾
	AN8	1	IN	ANA	A/D input channel 8. ⁽¹⁾
	INT2	1	IN	ST	External interrupt 2 input.
	VMO	0	OUT	DIG	External USB transceiver VMO data output.
RB3/AN9/ CCP2/VPO	RB3	0	OUT	DIG	LATB<3> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTB<3> data input; weak pull-up when $\overline{\text{RBP}}\text{U}$ bit is cleared. Disabled when analog input enabled. ⁽¹⁾
	AN9	1	IN	ANA	A/D input channel 9. ⁽¹⁾
	CCP2 ⁽²⁾	0	OUT	DIG	CCP2 Compare and PWM output.
		1	IN	ST	CCP2 Capture input.
	VPO	0	OUT	DIG	External USB transceiver VPO data output.
RB4/AN11/ KBI0/CSSPP	RB4	0	OUT	DIG	LATB<4> data output; not affected by analog input.
		1	IN	TTL	PORTB<4> data input; weak pull-up when $\overline{\text{RBP}}\text{U}$ bit is cleared. Disabled when analog input enabled. ⁽¹⁾
	AN11	1	IN	ANA	A/D input channel 11. ⁽¹⁾
	KBI0	1	IN	TTL	Interrupt-on-pin change.
	CSSPP ⁽⁴⁾	0	OUT	DIG	SPP chip select control output.
RB5/KBI1/ PGM	RB5	0	OUT	DIG	LATB<5> data output.
		1	IN	TTL	PORTB<5> data input; weak pull-up when $\overline{\text{RBP}}\text{U}$ bit is cleared.
	KBI1	1	IN	TTL	Interrupt-on-pin change.
	PGM	x	IN	ST	Single-Supply Programming mode entry (ICSP™). Enabled by LVP Configuration bit; all other pin functions disabled.

Legend: OUT = Output, IN = Input, ANA = Analog Signal, DIG = Digital Output, ST = Schmitt Buffer Input, I²C/SMB = I²C/SMBus input buffer, TTL = TTL Buffer Input, x = Don't care (TRIS bit does not affect port direction or is overridden for this option)

Note 1: Configuration on POR is determined by P $\overline{\text{BADEN}}$ Configuration bit. Pins are configured as analog inputs when P $\overline{\text{BADEN}}$ is set and digital inputs when P $\overline{\text{BADEN}}$ is cleared.

2: Alternate pin assignment for CCP2 when CCP2MX = 0. Default assignment is RC1.

3: All other pin functions are disabled when ICSP™ or ICD operation is enabled.

4: 40/44-pin devices only.



TABLE 10-5: PORTC I/O SUMMARY

Pin	Function	TRIS Setting	I/O	I/O Type	Description
RC0/T1OSO/ T13CKI	RC0	0	OUT	DIG	LATC<0> data output.
		1	IN	ST	PORTC<0> data input.
	T1OSO	x	OUT	ANA	Timer1 oscillator output; enabled when Timer1 oscillator enabled. Disables digital I/O.
	T13CKI	1	IN	ST	Timer1/Timer3 counter input.
RC1/T1OSI/ CCP2/UOE	RC1	0	OUT	DIG	LATC<1> data output.
		1	IN	ST	PORTC<1> data input.
	T1OSI	x	IN	ANA	Timer1 oscillator input; enabled when Timer1 oscillator enabled. Disables digital I/O.
	CCP2 ⁽¹⁾	0	OUT	DIG	CCP2 Compare and PWM output; takes priority over port data.
		1	IN	ST	CCP2 Capture input.
	UOE	0	OUT	DIG	External USB transceiver OE output.
RC2/CCP1/ P1A	RC2	0	OUT	DIG	LATC<2> data output.
		1	IN	ST	PORTC<2> data input.
	CCP1	0	OUT	DIG	ECCP1 Compare and PWM output; takes priority over port data.
		1	IN	ST	ECCP1 Capture input.
	P1A ⁽³⁾	0	OUT	DIG	ECCP1 Enhanced PWM output, channel A; takes priority over port data. May be configured for tri-state during Enhanced PWM shutdown events.
RC4/D-/VM	RC4	— ⁽²⁾	IN	TTL	PORTC<4> data input; disabled when USB module or on-chip transceiver are enabled.
	D-	— ⁽²⁾	OUT	XCVR	USB bus differential minus line output (internal transceiver).
		— ⁽²⁾	IN	XCVR	USB bus differential minus line input (internal transceiver).
	VM	— ⁽²⁾	IN	TTL	External USB transceiver VM input.
RC5/D+/VP	RC5	— ⁽²⁾	IN	TTL	PORTC<5> data input; disabled when USB module or on-chip transceiver are enabled.
	D+	— ⁽²⁾	OUT	XCVR	USB bus differential plus line output (internal transceiver).
		— ⁽²⁾	IN	XCVR	USB bus differential plus line input (internal transceiver).
	VP	— ⁽²⁾	IN	TTL	External USB transceiver VP input.
RC6/TX/CK	RC6	0	OUT	DIG	LATC<6> data output.
		1	IN	ST	PORTC<6> data input.
	TX	0	OUT	DIG	Asynchronous serial transmit data output (EUSART module); takes priority over port data. User must configure as output.
	CK	0	OUT	DIG	Synchronous serial clock output (EUSART module); takes priority over port data.
		1	IN	ST	Synchronous serial clock input (EUSART module).

Legend: OUT = Output, IN = Input, ANA = Analog Signal, DIG = Digital Output, ST = Schmitt Buffer Input, TTL = TTL Buffer Input, XCVR = USB transceiver, x = Don't care (TRIS bit does not affect port direction or is overridden for this option)

Note 1: Default pin assignment. Alternate pin assignment is RB3 (when CCP2MX = 0).

Note 2: RC4 and RC5 do not have corresponding TRISC bits. In Port mode, these pins are input only. USB data direction is determined by the USB configuration.

Note 3: 40/44-pin devices only.



TABLE 10-7: PORTD I/O SUMMARY

Pin	Function	TRIS Setting	I/O	I/O Type	Description
RD0/SPP0	RD0	0	OUT	DIG	LATD<0> data output.
		1	IN	ST	PORTD<0> data input.
	SPP0	1	OUT	DIG	SPP<0> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<0> input data.
RD1/SPP1	RD1	0	OUT	DIG	LATD<1> data output.
		1	IN	ST	PORTD<1> data input.
	SPP1	1	OUT	DIG	SPP<1> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<1> input data.
RD2/SPP2	RD2	0	OUT	DIG	LATD<2> data output.
		1	IN	ST	PORTD<2> data input.
	SPP2	1	OUT	DIG	SPP<2> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<2> input data.
RD3/SPP3	RD3	0	OUT	DIG	LATD<3> data output.
		1	IN	ST	PORTD<3> data input.
	SPP3	1	OUT	DIG	SPP<3> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<3> input data.
RD4/SPP4	RD4	0	OUT	DIG	LATD<4> data output.
		1	IN	ST	PORTD<4> data input.
	SPP4	1	OUT	DIG	SPP<4> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<4> input data.
RD5/SPP5/P1B	RD5	0	OUT	DIG	LATD<5> data output
		1	IN	ST	PORTD<5> data input
	SPP5	1	OUT	DIG	SPP<5> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<5> input data.
RD6/SPP6/P1C	RD6	0	OUT	DIG	LATD<6> data output.
		1	IN	ST	PORTD<6> data input.
	SPP6	1	OUT	DIG	SPP<6> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<6> input data.
RD7/SPP7/P1D	RD7	0	OUT	DIG	LATD<7> data output.
		1	IN	ST	PORTD<7> data input.
	SPP7	1	OUT	DIG	SPP<7> output data; takes priority over port data.
		1	IN	TTL	SPP<7> input data.
RD7/SPP7/P1D	P1D	0	OUT	DIG	ECCP1 Enhanced PWM output, channel D; takes priority over port and SPP data. ⁽¹⁾
		0	OUT	DIG	ECCP1 Enhanced PWM output, channel D; takes priority over port and SPP data. ⁽¹⁾

Legend: OUT = Output, IN = Input, DIG = Digital Output, ST = Schmitt Buffer Input, TTL = TTL Buffer Input

Note 1: May be configured for tri-state during Enhanced PWM shutdown events.

**TABLE 10-9: PORTE I/O SUMMARY**

Pin	Function	TRIS Setting	I/O	I/O Type	Description
RE0/AN5/ CK1SPP	RE0	0	OUT	DIG	LATE<0> data output; not affected by analog input.
		1	IN	ST	PORTE<0> data input; disabled when analog input enabled.
	AN5	1	IN	ANA	A/D input channel 5; default configuration on POR.
	CK1SPP	0	OUT	DIG	SPP clock 1 output (SPP enabled).
RE1/AN6/ CK2SPP	RE1	0	OUT	DIG	LATE<1> data output; not affected by analog input.
		1	IN	ST	PORTE<1> data input; disabled when analog input enabled.
	AN6	1	IN	ANA	A/D input channel 6; default configuration on POR.
	CK2SPP	0	OUT	DIG	SPP clock 2 output (SPP enabled).
RE2/AN7/ OESPP	RE2	0	OUT	DIG	LATE<2> data output; not affected by analog input.
		1	IN	ST	PORTE<2> data input; disabled when analog input enabled.
	AN7	1	IN	ANA	A/D input channel 7; default configuration on POR.
	OESPP	0	OUT	DIG	SPP enable output (SPP enabled).
MCLR/VPP/ RE3	MCLR	— ⁽¹⁾	IN	ST	External Master Clear input; enabled when MCLRE Configuration bit is set.
	VPP	— ⁽¹⁾	IN	ANA	High-voltage detection, used for ICSP™ mode entry detection. Always available regardless of pin mode.
	RE3	— ⁽¹⁾	IN	ST	PORTE<3> data input; enabled when MCLRE Configuration bit is clear.

Legend: OUT = Output, IN = Input, ANA = Analog Signal, DIG = Digital Output, ST = Schmitt Buffer Input

Note 1: RE3 does not have a corresponding TRISE<3> bit. This pin is always an input regardless of mode.



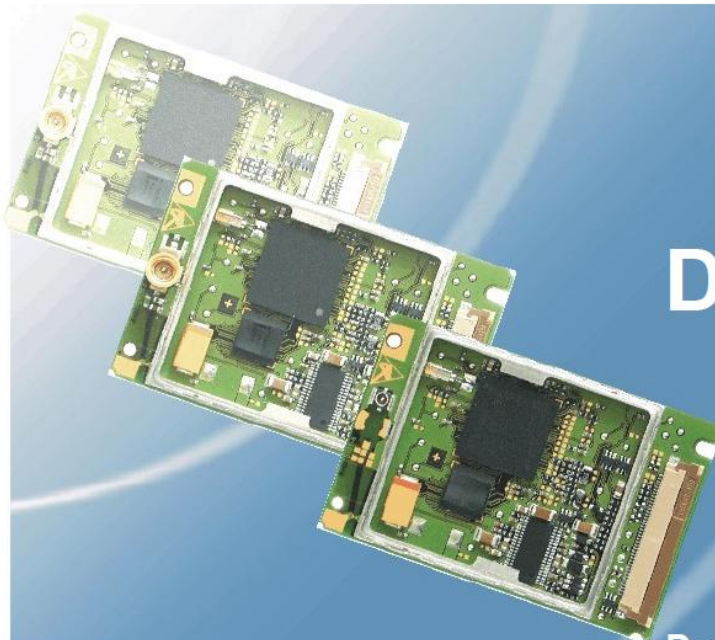
DATA SHEET DEL MODEM SIEMENS TC35

SIEMENS

TC35

TC37

Siemens Cellular Engines



Hardware Interface Description

Version: 03.10

DocID: TC35_37_HD_02_V03.10

Wireless Modules



1 Introduction

This document presents the hardware interface description of the Siemens GSM engines

- **TC35**
- **TC37**

As TC35 and TC37 are intended to integrate with a wide range of cellular application platforms, all functional components are described in detail. So this guide covers all information you need to design and set up host devices incorporating TC35 or TC37. It helps you quickly retrieve interface specifications, electrical and mechanical details and, last but not least, information on the requirements to be considered for integrating further components.

TC35 and TC37 are full-featured GSM engines which are identical in terms of functionality, physical dimensions and performance characteristics including minimum or maximum ratings. They differ only in the design and location of antenna connectors. TC35 features a coaxial GSC connector, while TC37 provides a coaxial switching connector plus an antenna pad. Each connector type is described in a separate section.

1.1 Scope of the document and related documents

Please note that this hardware interface description is intended for the following TC35 and TC37 release:

- Hardware: PCB number Q8100-B1-7
- Software: Version **03.10**

Related documents

- /1/ AT Command Set for TC35, TC37 and TC35 Terminal, Version **03.10**
- /2/ Release Notes: TC35 Version **03.10**
- /3/ Application Note 16: Updating TC35 Firmware, Version **03.10**
- /4/ DSB35 Support Box - Evaluation Kit for Siemens Cellular Engines
- /5/ TC3x Multiplexer User's Guide, Version **03.10**
- /6/ Application Note 02: Audio Interface, Version **03.10**

Prior to using the GSM engines or upgrading to a new firmware release, be sure to carefully read and understand the latest product information provided in the Release Notes.

To visit the Siemens Website you can use the following link:

<http://siemens.com/wm>

2.2 Block diagram of TC35

Figure 1 shows a block diagram of the TC35 module and illustrates the major functional components:

- GSM baseband processor
- GSM radio
- Power supply (ASIC)
- Flash
- ZIF connector
- Antenna interface: Coaxial GSC type connector

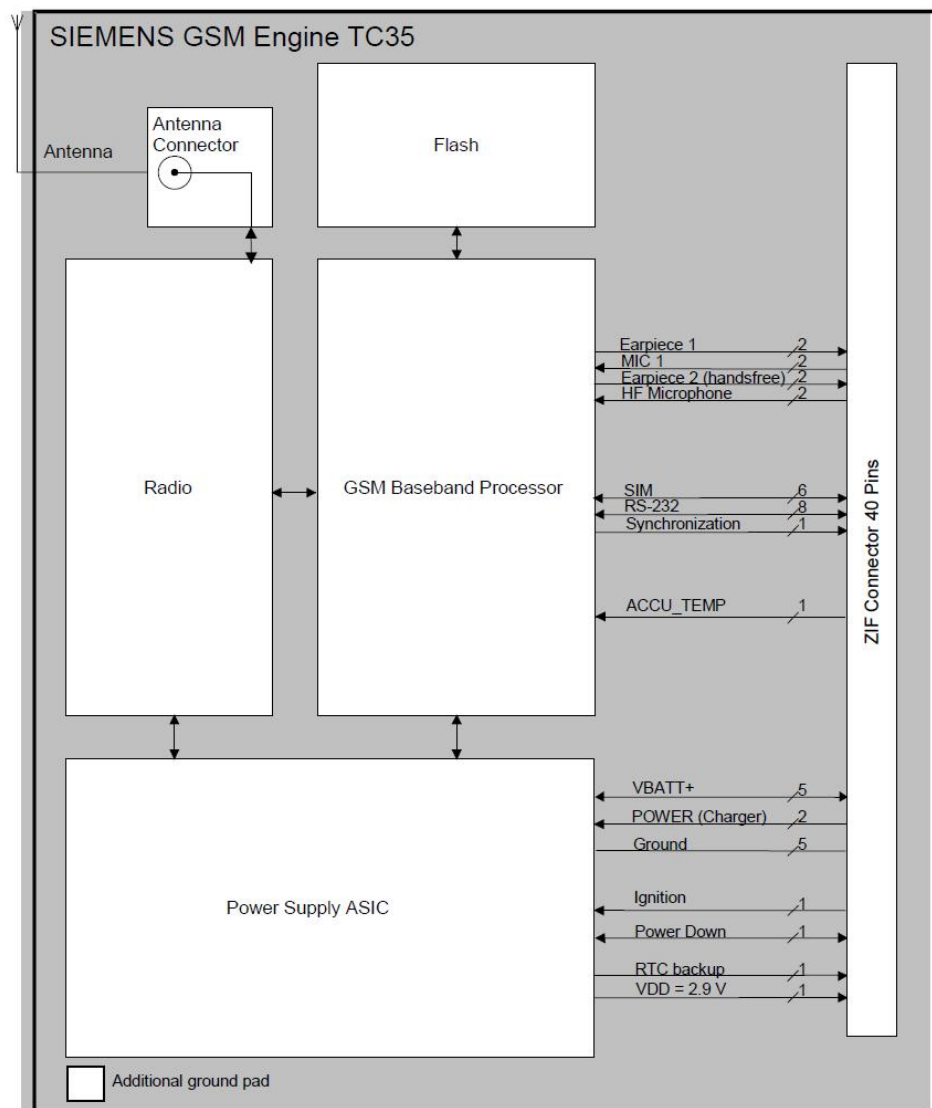
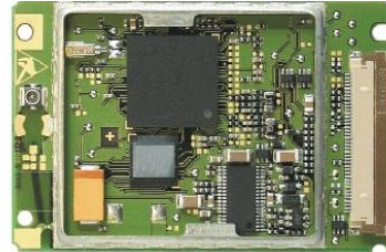


Figure 1: Block diagram of TC35

2.4 GSM baseband processor

The GSM baseband processor handles all the processing for audio, signaling and data transfer within a GSM cellular device. Internal software runs the application interface and the whole GSM protocol stack. A UART forms the interface to the cellular device application.

The GSM baseband processor is a single chip mixed signal baseband IC, containing all analog and digital functionality of a cellular radio. Designed to meet the increasing demands of the GSM/PCS cellular subscriber market, it supports FR, HR and EFR speech and channel coding without the need for external hardware.

Its high level of integration reduces system complexity, board dimensions and the number of components. In combination with the RF solution a complete two-chip GSM system solution is achieved, which results in extremely compact implementation, very low power consumption and cost effective system performance. Due to its very flexible interfaces the baseband controller can easily be set up to control a wide variety of RF architectures. The baseband processor is powered by a C166 CPU and a DSP processor core. Integrating these high performance processor cores with on-chip memory, a TDMA timer module and GSM specific peripherals provides a compelling single chip cellular baseband processor.

2.4.1 Features of the GSM baseband processor

The baseband processor includes the following major features:

- C166 MCU processor core
- Digital Signal Processing core
- On-chip MCU Program ROM / SRAM flexibly configurable as program or data RAM
- DSP Program ROM / RAM
- DSP Data ROM / RAM
- Programmable PLL for system clock generation
- GSM Timer Module that off-loads the MCU from radio channel timing
- MCU and DSP Timers
- Pulse Carry Modulation output for Automatic Frequency Correction (AFC)
- Serial RF Control Interface
- ISO 7816 compatible SIM card interface
- Digital and analog voiceband and baseband filters including digital-to-analog and analog-to-digital converters
- RF power ramping functions
- Measurement of battery voltage, battery and environment temperature
- GMSK Modulator
- Viterbi Hardware Accelerator
- A51/A52 Cipher Unit
- Comprehensive static and dynamic power management

3.1 Operating modes

The table below briefly summarizes the various operating modes referred to in the following chapters.

Table 2: Overview of operating modes

Mode	Function	
Power Down	Operating voltage applied. Only a voltage regulator in the Power Supply ASIC is active for powering the RTC. Software is not active. The RS-232 interface is not accessible.	
Normal operation	SLEEP	Power saving mode set with AT+CFUN command. Software is active to minimum extent. If the GSM engine was registered to the GSM network in IDLE mode, it is registered and paging in SLEEP mode, too. AT interface is not responding.
	IDLE	Software is active. Once registered to the GSM network, paging with BTS is carried out. The engine is ready to send and receive.
	TALK	Connection between two subscribers is in progress. Power consumption depends on network coverage individual settings, such as DTX off/on, FR/EFR/HR, hopping sequences, antenna.
Alarm mode	Restricted operation launched by RTC alert function while GSM engine is in Power Down mode. GSM engine will not be registered to GSM network. Limited number of AT commands is accessible. If application is battery powered: No charging functionality in Alarm mode.	
Charge-only mode	Limited operation for battery powered applications. Enables charging while engine is detached from GSM network. Limited number of AT commands is accessible. There are several ways to launch Charge-only mode: • From Power Down mode: Connect charger to POWER lines when engine was powered down by AT^SMSO. • From Normal mode: Connect charger to POWER lines, then enter AT^SMSO.	
Charge mode during normal operation	Normal operation (SLEEP, IDLE, TALK, DATA) and charging running in parallel. Charge mode changes to Charge-only mode when GSM engine is powered down before charging has been completed.	

3.2 Power supply

The power supply of the GSM Engine has to be a single voltage source in the range of $V_{BATT+} = 3.3V...5.5V$. It must be able to provide a peak current of about 2A for uplink transmission and account for drops on the VBATT+ line that may be caused in transmit bursts.

All the key functions for supplying power to the GSM engine are handled by an ASIC power supply. The ASIC provides the following features:

- Stabilizes the supply voltages for the GSM baseband processor and for the RF part using linear voltage regulators.
- Controls the module's power up and power down procedures.
A watchdog logic implemented in the baseband processor periodically sends signals to the ASIC, allowing it to maintain the supply voltage for all TC35/TC37 components. Whenever the watchdog pulses fail to arrive constantly, the module is turned off.
- Delivers, across the VDD pin, a regulated voltage of 2.9V/70mA for the external application.
- Monitors overvoltage and undervoltage.

The RF power amplifier is driven directly from VBATT+.

10 pins of the ZIF connector are dedicated to connect the supply voltage (VBATT+) and ground (GND).

Table 3: Power supply pins of ZIF connector

Signal name	Pin	I/O	Description	Parameter
VBATT+	1-5	I/O	Positive operating voltage	$3.3 V...5.5 V$, $I_{TP} \leq 2 A$ during transmit burst The minimum operating voltage must not fall below 3.3 V, not even in case of voltage drop.
GND	6-10	X	Ground	0 V
POWER	11-12	I	Positive charging voltage	$I_{max} = 500 mA$ (provided by external source, e.g. charger) $U = 5.5...8 V$ internal Pull Down $R=100k\Omega$
VDDL	30	I/O	Buffering of RTC (see Chapter 3.3.1.4)	$U_{OUT,max} = V_{BATT+}$ $U_{IN} = 2.0 V...4.8 V$ $R_i = 1k\Omega$ $I_{in,max} = 30\mu A$

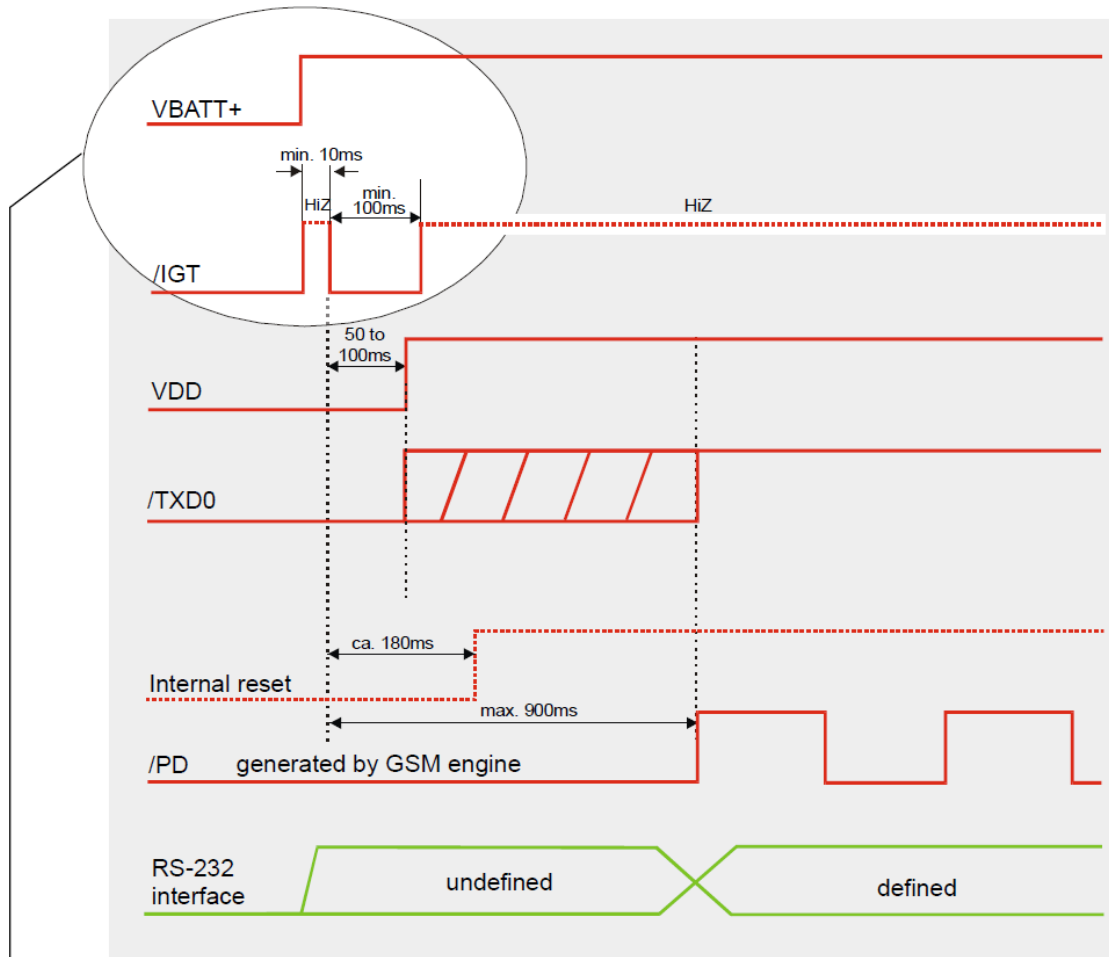
3.3.1 Turn on the GSM engine

TC35 and TC37 modules can be activated in a variety of ways which are described in the following chapters:

- via ignition line IGT: starts normal operating state (see Chapters 3.3.1.1 and 3.3.1.2)
- via POWER lines: starts charging algorithm (see Chapters 3.2.2.3 and 3.3.1.3)
- via RTC interrupt: starts Alarm mode (see Chapter 3.3.1.4)

3.3.1.1 Turn on GSM engine using the ignition line IGT (Power on)

To switch on TC35/TC37 the IGT (Ignition) signal needs to be driven to ground level for at least 100ms. This can be accomplished using an open drain/collector driver in order to avoid current flowing into this pin.



For details please see Chapter 3.3.1.2

Figure 7: Power-on by ignition signal

In a battery operated TC35 or TC37 application, the duration of the /IGT signal must be 1s minimum when the charger is connected and you may want to go from charging to Normal mode.

3.5 Serial interface

The data interface is implemented as a serial asynchronous transmitter and receiver conforming to ITU-T RS-232 Interchange Circuits DCE. It operates at CMOS level (2.65V). All RS-232 signals on the ZIF connector are low active.

The GSM engine is designed for use as a DCE. Based on the conventions for DCE-DTE connections it communicates with the customer application (DTE) using the following signals:

- Port TxD @ application sends data to /TxD0 of the GSM engine
- Port RxD @ application receives data from /RXD0 of the GSM

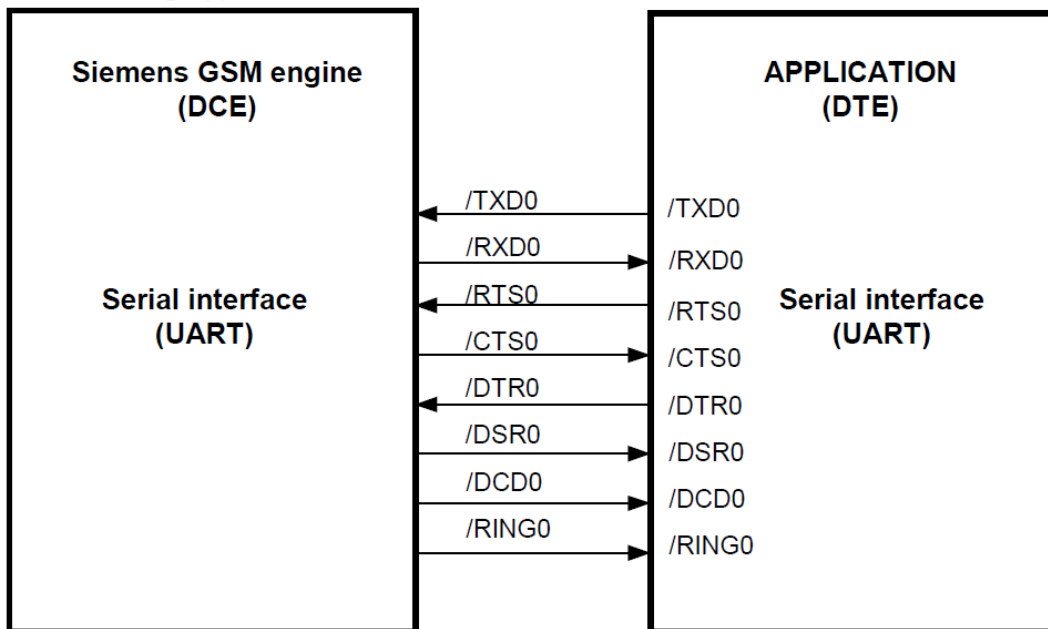


Figure 14: RS-232 interface

Table 11: DCE-DTE wiring

DCE			DTE	
Pin no ¹⁾	Pin function	Signal direction	Pin function	Signal direction
19	TxD0	Input	TxD0	Output
18	RxD0	Output	RxD0	Input
21	RTS0	Input	RTS0	Output
20	CTS0	Output	CTS0	Input
22	DTR0	Input	DTR0	Output
16	DSR0	Output	DSR0	Input
23	DCD0	Output	DCD0	Input
17	RING0	Output	RING0	Input

¹⁾ pin numbers on ZIF connector of GSM engine

3.9 Pin assignment

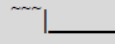
Please note that the reference voltages listed below are the values measured directly on the TC35 or TC37 module. They do not apply to the accessories connected.

Table 18: Pin assignment

Function	Signal Name	Pin No.	I/O	Signal Level	Comment
Power supply	VBATT+	1	I/(O)	Input:	Usage is mandatory
		2		$V_{in} = 3.3V...5.5V$	Five power supply pins have to be connected in parallel due to peak current up to 2A Voltage must stay within the min/max values, including voltage drop, ripple, spikes. See also Table 29.
		3		$I_{max} \leq 2.0A$ at a return loss better than $\geq 6dB$ (see Figure 41 and Figure 42)	
		4		I_{max} is valid only during uplink transmission timeslot (e.g. TALK mode: I_{max} for $577\mu s$ every 4.616ms)	
		5		Output: only valid when charging	
	GND	6	-	Ground (0V)	
		7			
		8			
		9			
		10			
Charger	POWER	11	I	$V_{in} = 5.5V...8V$ transformer plug	If unused keep pin open
		12		$V_{in} = 5.5V...8V$ regulated plug $I_{max} = 550mA$ internal Pull Down (100k Ω)	
Supply voltage for external application	VDD	13	O	IDLE / TALK mode: $V_{out} = 2.9V \pm 3\%$ @ 70mA, $V_{Batt} = 4.2V$ and $T_{amb typ} = 25^{\circ}C$ $V_{out} = 2.9V \pm 3\%$ @ 20mA, $V_{Batt} = 4.8V$ and $T_{amb typ} = 25^{\circ}C$ $I_{max} = 70mA$ Power Down mode: $V_{out} = 0V$ $C_{load max,extern} = 1\mu F$	Can be used, for example, to connect a level converter or a pull-up resistor. Not recommended for components operated by pulse current. If unused keep pin open. Voltage is applied 60ms – 100ms after IGT was driven low.
Battery temperature	AKKU_TEMP	14	I/O	External NTC: $R_{NTC} = 10k\Omega$ @ $25^{\circ}C$ $B = 3370$ Kelvin $\pm 3\%$ connected to GND IDLE/ TALK mode: $V_{out,MEAS}(R_{NTC}=10k\Omega)=1.15V$ Power Down mode: $V_{out} = 0V$ (internal Pull Down)	If unused keep pin open. If used: external NTC should be installed inside or near battery pack enables the charging algorithm and delivers temperature values

Function	Signal Name	Pin No.	I/O	Signal Level	Comment
Ignition	/IGT	15	I	IDLE/ TALK/ Power-Down mode: $V_{out} = 2.3V$ $R_{out} \approx 220k\Omega$ $V_{low,max} = 0.45V @ I_{out} = 10\mu A$ $t_{low} \geq 100ms$ (see Chapter 3.3!) Signal: falling edge and hold for t_{low}	Usage is mandatory Open drain/collector driver is required to pull down this pin to power on the GSM Engine Signal is low active.
RS232	DSR0	16	O	IDLE/ TALK mode: Output: $R_{out} \approx 1k\Omega$ $V_{out,low,max} = 0.2V @ I = 0.1mA$ $V_{out,high,min} = 2.25V @ I = -0.1mA$ $V_{out,high,max} = 2.76V$ Input: $R_i \geq 1M\Omega$ (1kΩ serial resistor) $V_{in,low,min} = -0.3V, V_{i,l,max} = 0.5V$ $V_{in,high,min} = 1.95V, V_{i,h,max} = 3.3V$ Power Down mode: Signals are not defined. Be aware of backward supply effects at the <i>inputs</i> and <i>outputs</i>.	Application interface to control GSM engine using AT commands If unused keep output pins open and connect input pins to VDD via 10kΩ. When a voice call comes in RING0 goes active low for 1s and inactive high for another 4s (alternating). An incoming data call also causes RING0 to go active low, but without changing to inactive high. See Chapter 3.8.2.3 for more details. DCD0 and DTR0 lines are connected via internal clamp diodes to 2.65V and GND
	/RING0	17	O		
	RxD0	18	O		
	TxD0	19	I		
	CTS0	20	O		
	RTS0	21	I		
	DTR0	22	I		
	DCD0	23	O		

Function	Signal Name	Pin No.	I/O	Signal Level	Comment
SIM	CCIN	24	I	IDLE / TALK mode: SIM contact (active high) $R_{PD} = 100k\Omega$ (internal Pull Down resistor to GND) $R_i \approx 10k\Omega$ $V_{in,low,max} = 0.4V$ $V_{in,high,min} = 2.15V, V_{i,h,max} = 3.3V$ Power Down mode: Be aware of backward supply	All signals of the SIM interface are protected from electrostatic discharge by using spark gaps to GND and clamp diodes to 2.9V and GND If a card is inserted CCIN has to be at high level If not used connect to CCVCC
	CCRST	25	O	$R_i \approx 47\Omega$ External C = 1nF to CCGND required. This capacitor must be located close to the SIM card reader.	Usage is mandatory Signal levels according to GSM Rec. (2) FFC must not exceed 200mm to meet the timing requirements of GSM Rec. 11.10
	CCIO	26	I/O	Output: $R_o \approx 220\Omega$ (serial resistor) $V_{OL,max} = 0.2V$ at $I = 0.1mA$ $V_{OH,min} = 2.25V$ at $I = -0.1mA$ $V_{OH} = 2.76V$ Input: $R_i \approx 10k\Omega$ $V_{IL,min} = -0.3V, V_{IL,max} = 0.5V$ $V_{IH,min} = 1.95V, V_{IH,max} = 3.3V$	
	CCCLK	27	O	Output: $R_o \approx 220\Omega$ (serial resistor) $V_{OL,max} = 0.2V$ at $I = 0.1mA$ $V_{OH,min} = 2.25V$ at $I = -0.1mA$ $V_{OH} = 2.76V$	
	CCVCC	28	O	$CCVCC_{min} = 2.84V$ $CCVCC_{max} = 2.96V$ $I_{max} = 20mA$ External C $\geq 200nF$ to CCGND is required. This capacitor must be located close to the SIM card reader.	Usage is mandatory
	CCGND	29	O	Ground (0V)	Usage is mandatory. See Application note SIM Interface for details on grounding.

Function	Signal Name	Pin No.	I/O	Signal Level	Comment
RTC backup	VDDL	30	O I	IDLE/TALK/Power Down mode if VBATT+ connected: $V_{out} = VBATT+ - 0.6V$ $I_{out,max} = 100mA$ PD mode if VBATT+ disconnected: $V_{in} = 2.0V...5.5V$ $I_{in,max} = 30\mu A$ $t_{RTC,on} \approx 30s @ 100\mu F$ (typically)	If unused keep pin open. See also chapter 3.3.4.
Power down For emergency only!	/PD	31	I/O	IDLE/ TALK mode: Input: $R_i = 1k\Omega$; $V_{in,low,max} = 0.45V @ I = 0.1mA$ input signal  active low $\geq 3.5s$ Watchdog Output: $R_i = 22k\Omega$ $V_{out,low} = 0.35V @ 0.01mA$ $V_{out,high} = 2.30V @ -0.01mA$ $f_{out} = 0.5...2.0Hz$	If unused keep pin open Open drain/collector driver to GND required. /PD switches off the GSM engine. A low pulse at pin IGT resets the GSM Engine and restarts the system. The /PD pin also indicates the watchdog function.
Synchronization	SYNC	32	O	IDLE/ TALK mode: $R_o = 1k\Omega$ $V_{out,low,max} = 0.2V @ 0.1mA$ $V_{out,high,min} = 2.25V @ -0.1mA$ $V_{out,high,max} = 2.76V$ Power Down mode: be aware of backward supply	If unused keep pin open Indication of increased current consumption during uplink transmission burst

Function	Signal Name	Pin No.	I/O	Signal Level	Comment
Audio Interface	EPP2	33	O	$R_i = 15\Omega$, (30k Ω if not active) $V_{omax} = 3.7V_{pp}$, no load, @ 3.14 dBm0: $f = 1024\text{Hz}$, audio mode = 6, outBbcGain = 0, outCalibrate = 16384	If unused keep pin open
	EPN2	34	O		Differential output, e.g. for external loud-speaker amplifier for handsfree operation
	EPP1	35	O	$R_i = 15\Omega$, (30k Ω if not active) $V_{omax} = 3.7V_{pp}$, no load, @ 3.14 dBm0: $f = 1024\text{Hz}$, audio mode = 5, outBbcGain = 0, outCalibrate = 16384	If unused keep pin open
	EPN1	36	O		Differential output, e.g. for internal ear-piece
	MICP1	37	I	$Z_i = 2k\Omega$ $V_{imax} = 1.03V_{pp}$ $V_{supply} = 2.65V$ (0V if off), $R_{DC} = 4k\Omega$	Keep unused interface open
	MICN1	38	I		Balanced input with switchable microphone supply source, e.g. for internal microphone
	MICP2	39	I	$Z_i = 2k\Omega$ $V_{imax} = 1.03V_{pp}$ $V_{supply} = 2.65V$ (0V if off), $R_{DC} = 4k\Omega$	Keep unused interface open
	MICN2	40	I		Balanced input with switchable microphone supply source, e.g. for external microphone for handsfree operation

Explanation of signal names:

P = positive

N = negative

5 Physical characteristics

5.1 Exploded diagram and PCBs

Figure 24 shows the PCBs of TC35 and TC37. The exploded assembly drawing applies to both modules.

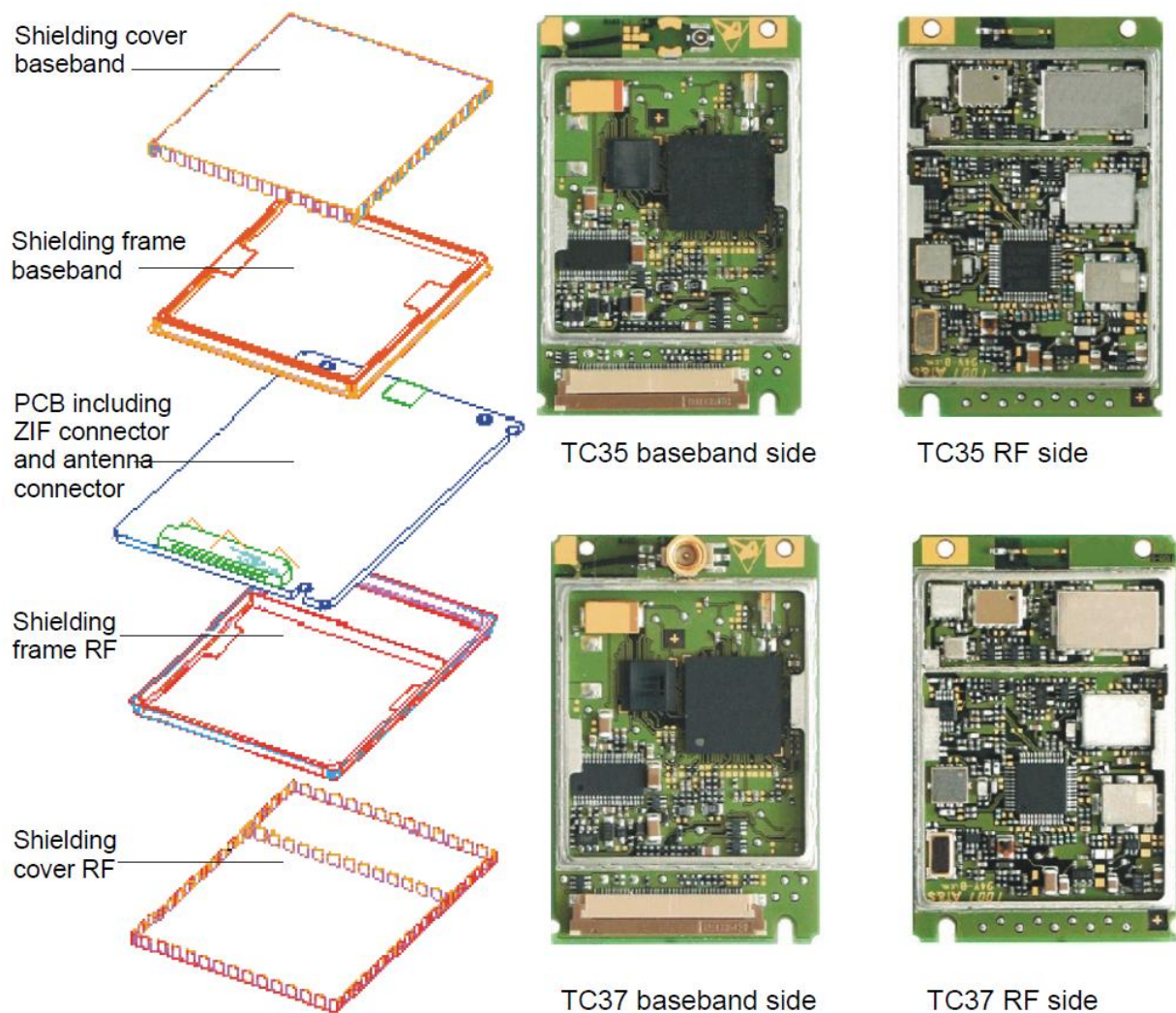


Figure 24: Exploded diagram and PCBs of TC35/TC37

6.4.2 Current consumption during transmit burst

The diagrams in Figure 39 through Figure 40 illustrate the peak current consumption of the application caused during a transmit burst. The peak current is shown vs. the power level for GSM900/1800 and vs. the return loss of the antenna. All measurements have been performed at 25°C and 4.2V (reference points used on module: test points on ZIF connector). Changing the conditions, e.g. in terms of temperature or voltage, will cause different results. The current will be maximized when the maximum supply voltage is used together with a total reflection at the RF interface. Using a supply voltage higher than 4.3V at PCL5 GSM 900 lets the peak current rise by about 150mA, due to higher RF output power.

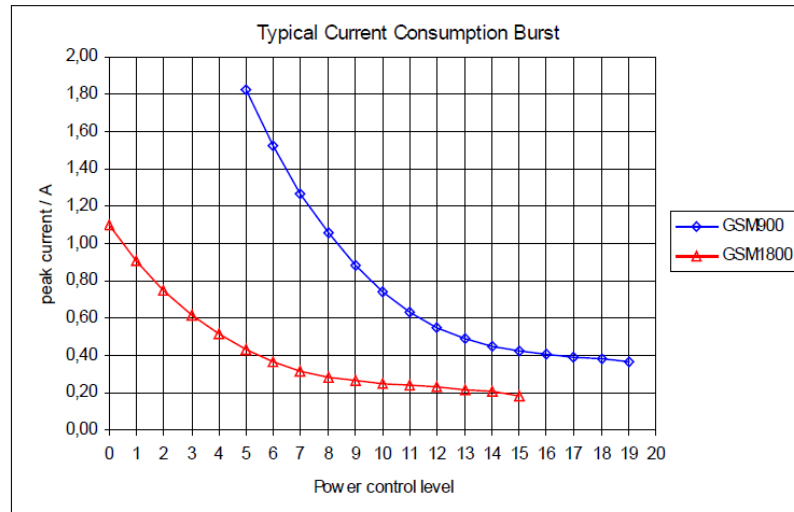


Figure 39: Typical current (peak) vs power control level

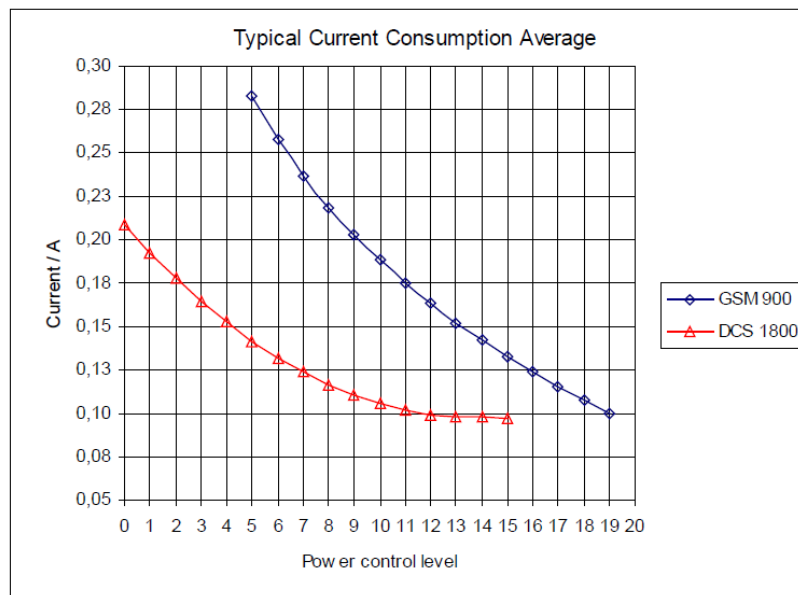


Figure 40: Typical current (average) vs power control level

COMANDOS AT UTILIZADOS POR EL MODEM SIEMENS TC35

SIEMENS

AT Command Set Siemens Cellular Engines



TC35 Module
TC37 Module
TC35 Terminal

Version: 04.00
DocID: TC3X_ATC_01_V04.00

Wireless Modules

1 Introduction

1.1 Scope of the document

This document presents the AT Command Set for the Siemens cellular engines

TC35 Module

TC37 Module

TC35 Terminal

The AT commands detailed in this document are generally supported by all products. Where differences occur, they are noted in the chapter that refers to the command. In the present version, the only exceptions concern the following commands:

Table 1: Product specific use of AT commands

AT command	TC35 / TC37 Modules	TC35 Terminal
AT+CALA, Chapter 4.2	Alarm mode and reminder call fully applicable	Does not support Alarm mode. Please ignore any information relating to the subject. The reminder call can be used as described.
AT^SSYNC, Chapter 6.39	SYNC pin may be assigned different functions: <mode> 0 or 1.	SYNC pin supports only <mode>=1 (LED status).
AT^SBC, Chapter 6.5	All functions fully applicable	Command not applicable.

1.2 Supported product versions and related documents

Please note that TC35, TC37 Modules and TC35 Terminal are using the same firmware, referred to as TC35. The present AT Command Set applies to all products based on the TC35 software version 04.00.

Related documents

- [1] TC35 / TC37 Hardware Interface Description (applies to TC35 and TC37)
- [2] TC3x Release Notes related to TC35 software version 04.00 (applies to TC35, TC37 and TC35T)
- [3] TC3x Multiplexer User's Guide (applies to TC35, TC37 and TC35T)
- [4] Application Note 16: Updating TC35 Firmware (applies to TC35, TC37 and TC35T)
- [5] TC35 Terminal Hardware Interface Description (applies to TC35T)
- [6] TC35 MC35 Terminal User's Guide (applies to TC35T and MC35T)
- [7] Application Note 02: Audio Interface (applies to TC35, TC37 and TC35T)

Prior to using TC35 /TC37 or TC35T or upgrading to a new firmware release, be sure to carefully read the latest product information provided in the Release Notes.

To visit the Siemens Website you can use the following link:

<http://www.siemens.com/wm>



1.3 Conventions

Throughout the document, the GSM engines are referred to as ME (Mobile Equipment), MS (Mobile Station), TA (Terminal Adapter), DCE (Data Communication Equipment) or facsimile DCE (FAX modem, FAX board). When the Siemens product names are required to distinguish the two models, TC3x is short for the engine type and TC35T for the terminal.

To control your GSM engine you can simply send AT Commands via its serial interface. The controlling device at the other end of the serial line is referred to as TE (Terminal Equipment), DTE (Data Terminal Equipment) or plainly 'the application' (probably running on an embedded system).

1.4 AT command syntax

The "AT" or "at" prefix must be set at the beginning of each command line. To terminate a command line enter <CR>.

Commands are usually followed by a response that includes "<CR><LF><response><CR><LF>". Throughout this document, only the responses are presented, <CR><LF> are omitted intentionally.

Table 2: Types of AT commands and responses

Test command	AT+CXXX=?	The mobile equipment returns the list of parameters and value ranges set with the corresponding Write command or by internal processes.
Read command	AT+CXXX?	This command returns the currently set value of the parameter or parameters
Write command	AT+CXXX=<...>	This command sets user-definable parameter values.
Execution command	AT+CXXX	The execution command reads non-variable parameters affected by internal processes in the GSM engine.

1.4.1 Using parameters

- Default parameters are underlined throughout this document.
- Optional parameters are enclosed in square brackets. If optional parameters are omitted, the current settings are used until you change them.
- Optional parameters or subparameters can be omitted unless they are followed by other parameters. If you want to omit a parameter in the middle of a string it must be replaced by a comma. Example:
AT+CPBW=,<number>,<type>,<text> writes a phonebook entry to the first free memory location.
AT+CPBW=<index>,<number>,<type>,<text> writes a phonebook entry to the memory location specified by <index>.
- When the parameter is a character string, e.g. <text> or <number>, the string must be enclosed in quotation marks, e.g. "Charlie Brown" or "+49030xxxx". Symbols within quotation marks will be recognized as strings.
- All spaces will be ignored when using strings without quotation marks.
- It is possible to omit the leading zeros of strings which represent numbers.
- In case of using V.25ter commands without giving an optional parameter, its value is assumed to be 0.



2.6 ATD><mem><n> Originate call to phone number <n> in memory <mem>

This command allows you to dial a phone number from a specific phonebook. To initiate a call, enter a two letter abbreviation for the phonebook <mem>, followed by the memory location <n> of the desired entry. The location range of each phonebook can be queried by AT+CPBR (see Chapter 4.28).

Execute command ATD><mem> <n>[<mgsn>][:]	TA attempts to set up an outgoing call to the specified number. Note: This command may be aborted generally by receiving a character during execution. Abortion is not possible during some states of connection setup such as handshaking. Response If error is related to ME functionality: +CME ERROR: <err> If no dialtone (parameter setting ATX2 or ATX4): NO DIALTONE If busy (parameter setting ATX3 or ATX4): BUSY If connection cannot be set up: NO CARRIER If successfully connected and non-voice call: CONNECT<text> TA switches to data state. Note: <text> output only if +ATX parameter setting with value > 0. When TA returns to command mode after call release: OK If successfully connected and voice call: OK
	Parameter <mem> phonebook: "SM" SIM phonebook (storage depending on SIM card) "FD" SIM fixdialling phonebook (pos. 1-7) "LD" SIM last-dialling-phonebook (usually the last 10 numbers dialed are stored on the SIM card, no matter whether or not the calls were successfully set up) "MC" ME missed (unanswered received) calls list (up to 10 numbers) "RC" SIM received calls list "ME" ME Phonebook (up to 50 numbers) "ON" SIM (or ME) own numbers (MSISDNs) list Note: <mem> must be included in quotation marks (""), if parameter <mgsn> is used. If not, quotation marks are optional. <n> Integer type memory location in the range of locations available in the selected memory, i.e. the index number returned by AT+CPBR. <mgsn> I Activates CLIR (disables presentation of own phone number to called party)

2.12 ATH Disconnect existing connection

Execute command ATH[n]	Disconnects any call in progress, such as voice calls, fax or CSD data calls. Response OK Note: OK is issued after circuit 109 (DCD) is turned off (RS-232 level), if it was previously on. Parameter <n> 0 terminate call
Reference V.25ter	Note Using ATH in Multiplex mode (AT+CMUX) • ATH terminates every data call, even if it is issued via logical channels 2 or 3. • This behaviour is in accordance with ITU-T V.25 ter; (07/97, see „6.3.6 Hook control“: "ATH is terminating any call in progress.")



5.2 AT+CMGD Delete SMS message

Test command AT+CMGD=?	Response OK Parameter
Execute command AT+CMGD= <index>	Response TA deletes message from preferred message storage <mem1> location <index>. OK If error is related to ME functionality: +CMS ERROR <err> Parameter <index> integer type; value in the range of location numbers supported by the associated memory
Reference GSM 07.05	Note If there is no SMS stored at the selected index, the response is OK too.

5.3 AT+CMGF Select SMS message format

Test command AT+CMGF=?	Response +CMGF: (list of supported <mode>s) OK Parameter See write command						
Read command AT+CMGF?	Response +CMGF: <mode> OK Parameter See write command						
Write command AT+CMGF = [<mode>]	Response TA sets parameter which specifies the input and output format of messages to be used. OK Parameter <table><tr><td><mode></td><td><u>0</u></td><td>PDU mode</td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>text mode</td></tr></table>	<mode>	<u>0</u>	PDU mode		1	text mode
<mode>	<u>0</u>	PDU mode					
	1	text mode					
Reference GSM 07.05	Note						



5.5 AT+CMGR Read SMS message

Test command AT+CMGR=?	Response OK
Execute command AT+CMGR= <index>	Parameter <index> integer type; value in the range of location numbers supported by the associated memory Response TA returns SMS message with location value <index> from message storage <mem1> to the TE. If status of the message is 'received unread', status in the storage changes to 'received read'. <u>1) If text mode (+CMGF=1) and command successful:</u> for SMS-DELIVER: +CMGR: <stat>,<oa>,<[alpha]>,<scts> [<tooa>,<fo>,<pid>,<dcs>,<sca>,<tosca>,<length>]<CR><LF><data> for SMS-SUBMIT: +CMGR: <stat>,<da>,<[alpha]> [<toda>,<fo>,<pid>,<dcs>,<vp>],<sca>,<tosca>,<length>]<CR><LF><data> for SMS-STATUS-REPORT: +CMGR: <stat>,<fo>,<mr>,<[ra]>,<[tora>,<scts>,<dt>,<st> for SMS- COMMAND: +CMGR: <stat>,<fo>,<ct> [<pid>,<[mn]>,<[da>,<[toda>,<length>]<CR><LF><cdata>] for CBM storage: +CMGR: <stat>,<sn>,<mid>,<dcs>,<page>,<pages><CR><LF><data> <u>2) If PDU mode (+CMGF=0) and command successful:</u> +CMGR: <stat>,<[alpha]>,<length><CR><LF><pdu> OK for CBM storage: +CMGR: <length><CR><LF><pdu> <u>3) If error is related to ME functionality:</u> +CMS ERROR: <err> Parameter <alpha> string type alphanumeric representation of <da> or <oa> corresponding to the entry found in phonebook; implementation of this feature is manufacturer specific <stat> integer type in PDU mode (default 0), or string type in text mode (default "REC UNREAD"); indicates the status of message in memory: defined values:



5.6 AT+CMGS Send SMS message

Test command AT+CMGS=?	Response OK Parameter
Execute command 1) If text mode (+CMGF=1): +CMGS=<da> [,<toda>]<CR> text is entered <ctrl-Z/ESC> 2) If PDU mode (+CMGF=0): +CMGS=<length> <CR> PDU is given <ctrl-Z/ESC> ESC aborts message	Response TA transmits SMS message from TE to network (SMS-SUBMIT). Message reference value <mr> is returned to TE on successful message delivery. Value can be used to identify message upon unsolicited delivery status report result code. 1) If text mode (+CMGF=1) and sending successful: +CMGS: <mr>[,<scts>] OK 2) If PDU mode (+CMGF=0) and sending successful: +CMGS: <mr>[,<ackpdu>] OK 3) If error is related to ME functionality: +CMS ERROR: <err> For example, if a message was too long <err> code 305 ("Invalid text mode parameter") is returned. Parameter <da> GSM 03.40 TP-Destination-Address Address-Value field in string format; BCD numbers (or GSM default alphabet characters) are converted into characters; type of address given by <toda> <toda> GSM 04.11 TP-Destination-Address Type-of-Address octet in integer format (when first character of <da> is + (IRA 43) default is 145, otherwise default is 129) <length> integer type value indicating in PDU mode (+CMGF=0), the length of the actual TP data unit in octets (i.e. the RP layer SMSC address octets are not counted in the length). <mr> GSM 03.40 TP-Message-Reference in integer format <scts> GSM 03.40 TP-Service-Centre-Time-Stamp in time-string format (refer <dt>) <dt> GSM 03.40 TP-Discharge-Time in time-string format: "yy/MM/dd, hh:mm:ss±zz", where characters indicate year (two last digits), month, day, hour, minutes, seconds and time zone. For example, 6th of May 1994, 22:10:00 GMT+2 hours equals "94/05/06,22:10:00+08" <ackpdu> GSM 03.40 RP-User-Data element of RP-ACK PDU; format is same as for <pdu> in case of SMS, but without GSM 04.11 SC address field and parameter shall be enclosed in double quote characters like a normal string type parameter <pdu> For SMS: GSM 04.11 SC address followed by GSM 03.40 TPDU in hexadecimal format: ME/TA converts each octet of TP data unit into hexadecimal numbers containing two IRA characters (e.g. octet with integer value 42 is presented to TE as two characters 2A (IRA 50 and 65)). In the case of CBS: GSM 03.41 TPDU in hexadecimal format.



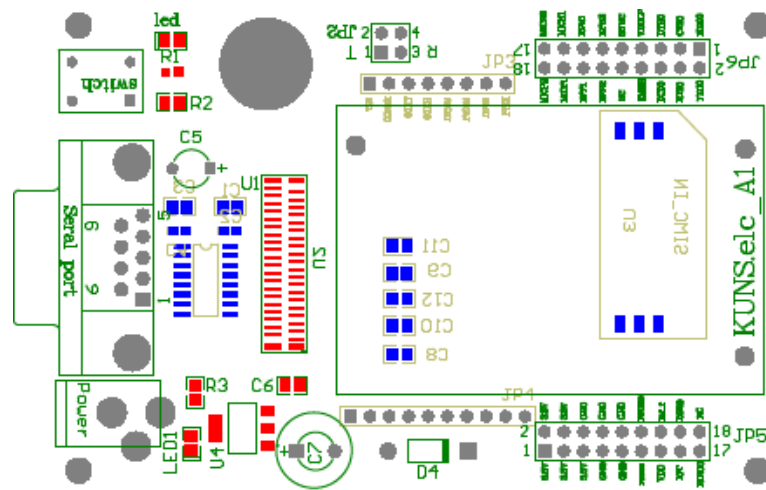
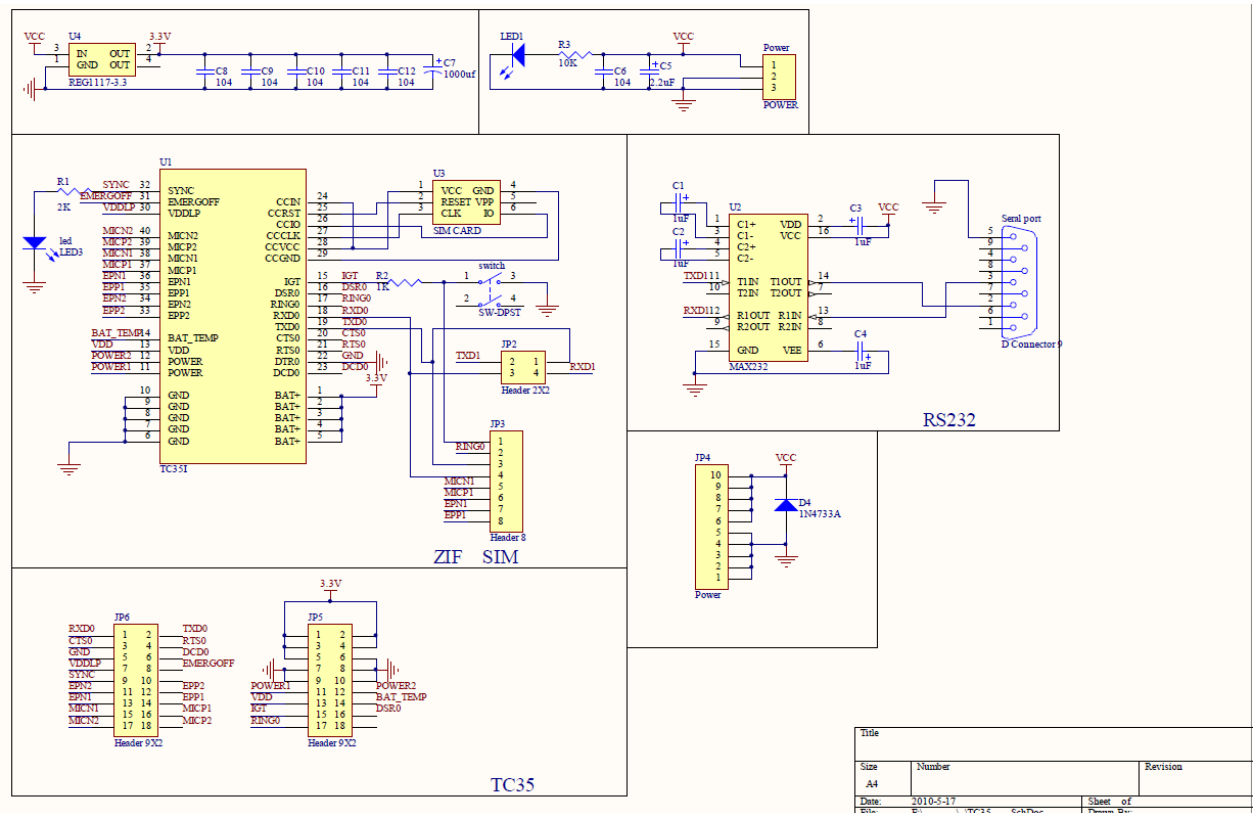
5.10 AT+CNMI New SMS message indications

Test command AT+CNMI=?	Response +CNMI: (list of supported <mode>s), (list of supported <mt>s), (list of supported <bm>s), (list of supported <ds>s), (list of supported <bfr>s) OK Parameter See set command
Read command AT+CNMI?	Response +CNMI: <mode>,<mt>,<bm>,<ds>,<bfr> OK Parameter See set command
Write command AT+CNMI = [<mode>] [,<mt>][,<bm>] [,<ds>][,<bfr>]	Response TA selects the procedure how the receipt of new SMS messages from the network is indicated to the TE when TE is active, e.g. DTR signal is ON. If TE is inactive (e.g. DTR signal is OFF), the reception of messages shall be performed as specified in GSM 03.38. Note1: If the DTR signal is not available or the state of the signal is ignored (V.25ter command &D0), reliable message transfer can be assured by using +CNMA acknowledgment procedure. Note2: The rules <mt>=2 and <mt>=3 for storing received SM are possible only if phase 2+ compatibility is activated with +CSMS=1 Note3: The parameter <ds>=1 is only available in phase 2+ OK If error is related to ME functionality: +CMS ERROR: <err> Parameter <mode> <u>0</u> Buffer unsolicited result codes in the TA. If TA result code buffer is full, indications can be buffered in some other place or the oldest indications may be discarded and replaced with the new received indications. 1 Discard indication and reject new received message unsolicited result codes when TA-TE link is reserved (e.g. in on-line data mode). Otherwise forward them directly to the TE. 2 Buffer unsolicited result codes in the TA when TA-TE link is reserved (e.g. in on-line data mode) and flush them to the TE after reservation. Otherwise forward them directly to the TE. 3 Forward unsolicited result codes directly to the TE. TA-TE link specific inband technique used to embed result codes and data when TA is in on-line data mode. <mt> Rules for storing received SMS depend on the relevant data coding method (refer to GSM 03.38 [2]), preferred memory storage (+CPMS) setting and this value Note: If AT command interface is acting as the only display device, the ME must support storage of class 0 messages and messages in the message waiting indication group (discard message) <u>0</u> No SMS-DELIVER indications are routed to the TE. 1 If SMS-DELIVER is stored in ME/TA, indication of the memory location is routed to the TE using unsolicited result code: +CMTI: <mem>,<index>



4.19 AT+CLIP Calling line identification presentation	
Test command AT+CLIP=?	This command refers to the GSM supplementary service CLIP (Calling Line Identification Presentation) that enables a called subscriber to get the calling line identity (CLI) of the calling party when receiving a mobile terminated call. Response + CLIP: (list of supported <n>s) OK Parameter See write command
Read command AT+CLIP?	Response +CLIP: <n>, <m> OK If error is related to ME functionality: +CME ERROR: <err> Parameter See write command
Write command AT+CLIP=<n>	Set command enables or disables the presentation of the CLI at the TE. It has no effect on the execution of the supplementary service CLIP in the network. Response OK If error is related to ME functionality: +CME ERROR: <err> Parameter <n> 0 suppress unsolicited result codes 1 display unsolicited result codes <m> 0 CLIP not provisioned 1 CLIP provisioned 2 unknown
Unsolicited result code	When CLIP is enabled at the TE (and is permitted by the calling subscriber), an unsolicited result code is returned after every RING (or +CRING: <type>) at a mobile terminating call. Voice call response format: +CLIP: <number>, <type>,,, <CLI validity> Data/FAX call response format: +CLIP: <number>, <type> Parameter <number> string type phone number of calling address in format specified by <type> <type> type of address octet in integer format; 145 when dialling string includes international access code character "+", otherwise 129. <CLI validity> 0 CLI valid 1 CLI has been withheld by the originator. 3 CLI is not available due to interworking problems or limitations of originating network. <number> shall be an empty string ("") and <type> value will not be significant.
Reference GSM 07.07	Note

ESQUEMA CIRCUITAL DEL MODEM SIEMENS TC35 EN LA TARJETA ARDUINO



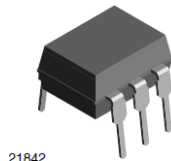
OPTOACOPLADOR 4N25

4N25, 4N26, 4N27, 4N28

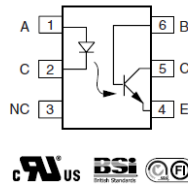
Vishay Semiconductors



Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection



21842



FEATURES

- Isolation test voltage 5000 V_{RMS}
- Interfaces with common logic families
- Input-output coupling capacitance < 0.5 pF
- Industry standard dual-in-line 6 pin package
- Compliant to RoHS directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS
COMPLIANT

APPLICATIONS

- AC mains detection
- Reed relay driving
- Switch mode power supply feedback
- Telephone ring detection
- Logic ground isolation
- Logic coupling with high frequency noise rejection

AGENCY APPROVALS

- UL1577, file no. E52744
- BSI: EN 60065:2002, EN 60950:2000
- FIMKO: EN 60950, EN 60065, EN 60335

ORDER INFORMATION	
PART	REMARKS
4N25	CTR > 20 %, DIP-6
4N26	CTR > 20 %, DIP-6
4N27	CTR > 10 %, DIP-6
4N28	CTR > 10 %, DIP-6

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ⁽¹⁾				
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT
INPUT				
Reverse voltage		V _R	5	V
Forward current		I _F	60	mA
Surge current	t ≤ 10 μs	I _{FSM}	3	A
Power dissipation		P _{diss}	100	mW
OUTPUT				
Collector emitter breakdown voltage		V _{CEO}	70	V
Emitter base breakdown voltage		V _{EBO}	7	V
Collector current	t ≤ 1 ms	I _C	50	mA
		I _C	100	mA
Power dissipation		P _{diss}	150	mW

RELÉ G5LE

OMRON

PCB Relay G5LE

A Cubic, Single-pole 10-A Power Relay

- Subminiature "sugar cube" relay.
- Contact ratings of 10 A.
- Withstands impulses of up to 4,500 V.
- Two types of seal available: flux protection and plastic-sealed.
- UL class-B insulation certified, UL class-F available.
- Manufacturing facility in compliance with QS9000 automotive quality system standards.
- Ideal for applications in security equipment, household electrical appliances, garage door openers, and audio equipment.



Ordering Information

To Order: Select the part number and add the desired coil voltage rating, (e.g., G5LE-1-DC12).

Seal	Contact form	Model		
		Contact material		
		AgSnO ₂	AgCdO	AgSnIn
Flux protection	SPDT	G5LE-1	G5LE-1-ACD	G5LE-1-ASI
	SPST-NO	G5LE-1A	G5LE-1A-ACD	G5LE-1A-ASI
Plastic-sealed	SPDT	G5LE-14	G5LE-14-ACD	G5LE-14-ASI
	SPST-NO	G5LE-1A4	G5LE-1A4-ACD	G5LE-1A4-ASI

MODEL NUMBER LEGEND

G5LE- -

1 2 3 4 5

1. Number of Poles
1: 1 pole

2. Contact Form
None: SPDT
A: SPST-NO

3. Sealing
None: Flux-protection
4: Plastic-sealed

4. Contact Material
None: AgSnO₂
ACD: AgCdO
ASI: AgSnIn

5. Insulation Class
None: Class B insulation
CF: Class F insulation

TRIAC BTB24



BTA/BTB24, BTA25, BTA26 and T25 Series

SNUBBERLESS™ & STANDARD

25A TRIACs

MAIN FEATURES:

Symbol	Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	25	A
V_{DRM}/V_{RRM}	600 and 800	V
$I_{GT}(Q_1)$	35 to 50	mA

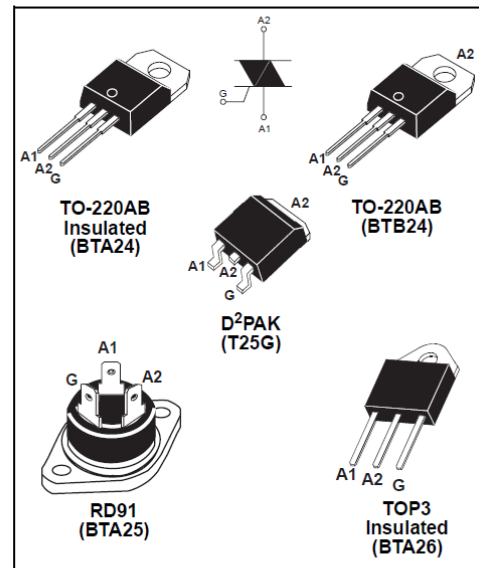
DESCRIPTION

Available either in through-hole or surface and T25 mount packages, the BTA/BTB24-25-26 triac series is suitable for general purpose AC power switching. They can be used as an ON/OFF function in applications such as static relays, heating regulation, water heaters, induction motor starting circuits...or for phase control operation in high power motor speed controllers, soft start circuits...The snubberless versions (BTA/BTB...W and T25 series) are specially recommended for use on inductive loads, thanks to their high commutation performances.

By using an internal ceramic pad, the BTA series provides voltage insulated tab (rated at 2500V RMS) complying with UL standards (File ref.: E81734).

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter			Value	Unit
$I_{T(RMS)}$	RMS on-state current (full sine wave)	D ² PAK TO-220AB	$T_c = 100^\circ\text{C}$	25	A
		RD91 TOP3 Ins.	$T_c = 90^\circ\text{C}$		
		TO-220AB Ins.	$T_c = 75^\circ\text{C}$		
I_{TSM}	Non repetitive surge peak on-state current (full cycle, T_j initial = 25°C)	F = 60 Hz	t = 16.7 ms	260	A
		F = 50 Hz	t = 20 ms	250	
I^2t	I^2t Value for fusing	tp = 10 ms		340	A ² s
di/dt	Critical rate of rise of on-state current $I_G = 2 \times I_{GT}$, tr ≤ 100 ns	F = 120 Hz	$T_j = 125^\circ\text{C}$	50	A/μs
V_{DSM}/V_{RSM}	Non repetitive surge peak off-state voltage	tp = 10 ms	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$V_{DRM}/V_{RRM} + 100$	V
I_{GM}	Peak gate current	tp = 20 μs	$T_j = 125^\circ\text{C}$	4	A
$P_{G(AV)}$	Average gate power dissipation	$T_j = 125^\circ\text{C}$		1	W
T_{stg}	Storage junction temperature range			- 40 to + 150	°C
T_j	Operating junction temperature range			- 40 to + 125	





APÉNDICES

APÉNDICE A: CÓDIGO FUENTE

Elaborado en Mikrobasic:

program TESIS

```
' Modulo de Conexion de la LCD
dim LCD_RS as sbit at RB1_bit
LCD_EN as sbit at RB0_bit
LCD_D4 as sbit at RB4_bit
LCD_D5 as sbit at RB5_bit
LCD_D6 as sbit at RB6_bit
LCD_D7 as sbit at RB7_bit
```

```
LCD_RS_Direction as sbit at TRISB1_bit
LCD_EN_Direction as sbit at TRISB0_bit
LCD_D4_Direction as sbit at TRISB4_bit
LCD_D5_Direction as sbit at TRISB5_bit
LCD_D6_Direction as sbit at TRISB6_bit
LCD_D7_Direction as sbit at TRISB7_bit
```

' Fin Modulo de Conexion de la LCD

' Variables de Banderas y Contadores

```
dim i,d,s,y,j,m as byte
N,band,a as byte
p as word
sera as byte
arreglo as byte[30]
PIN as byte[10]
Nuevo_Num as byte[10]
Codigo as byte[30] ' Variable auxiliar para enviar Clave para
```

Saldo

```
CodigoSend as byte[30]
txtADC,txtADC2 as string[5]
mensaje as byte[20]
Caso1,Caso2,Caso3 as bit
borrar_num as bit
Band_Num,Cant_Num as Byte
Sal1,Sal2,Sal3,zos as string[3]
Mov,Mov2 as string[8]
Sald4 as string[10]
num_borr,x,reescribe,l as byte
xotro as byte
Num_Llam as byte[11]
cont as byte
Text_SMS as byte[150]
Text_Clave_Ope as byte[50]
```

' Variables para el teclado

```
Dim Kp As byte
Option_Read As Byte
```

' Variables de Respuestas

```
dim gsm_state as byte
leer_resp as byte
Recibio_ok as bit
Recibio_Ready as bit
Recibio_Error as bit
Recibio_PIN as bit
Recibio_PUK as bit
Recibio_Llam as bit
Registrado as bit
EscribirSMS as bit
Recibio_SMS as bit
```

```
Text_Guard as bit
consul_Saldo as bit
Text_OperaOK as bit
'Fin Variables
```

' SUBROUTINAS

```
' Borrar LCD con retardo de 300ms
Sub Procedure Borrar_Lcd()
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)
delay_ms(200)
end sub
```

' Leer Teclado

Sub procedure Get_Kp()

```
PORTD = %1110
If Button(PORTD, 4, 20, 0) then
Kp = 1
Goto Fin_Lee
End if
If Button(PORTD, 5, 20, 0) then
Kp = 2
Goto Fin_Lee
End if
If Button(PORTD, 6, 20, 0) then
Kp = 3
Goto Fin_Lee
End if
PORTD = %1101
If Button(PORTD, 4, 20, 0) then
Kp = 4
Goto Fin_Lee
End if
If Button(PORTD, 5, 20, 0) then
Kp = 5
Goto Fin_Lee
End if
If Button(PORTD, 6, 20, 0) then
Kp = 6
Goto Fin_Lee
End if
PORTD = %1011
If Button(PORTD, 4, 20, 0) then
Kp = 7
Goto Fin_Lee
End if
If Button(PORTD, 5, 20, 0) then
Kp = 8
Goto Fin_Lee
End if
If Button(PORTD, 6, 20, 0) then
Kp = 9
Goto Fin_Lee
End if
PORTD = %0111
If Button(PORTD, 4, 20, 0) then
Kp = 10
Goto Fin_Lee
```



```
End if
If Button(PORTD, 5, 20, 0) then
    Kp = 11
    Goto Fin_Lee
End if
If Button(PORTD, 6, 20, 0) then
    Kp = 12
    Goto Fin_Lee
End if
Delay_Ms(50)
Fin_Lee:
Select Case Kp

case 1 Kp = "1"
case 2 Kp = "2"
case 3 Kp = "3"
case 4 Kp = "4"
case 5 Kp = "5"
case 6 Kp = "6"
case 7 Kp = "7"
case 8 Kp = "8"
case 9 Kp = "9"
case 10 Kp = "*"
case 11 Kp = "0"
case 12 Kp = "#"
case else
    Kp = "A"
end select
Delay_ms(300)
end sub

'RETARDO de 1s
sub Procedure Retardo()
    Delay_Ms(1000)
end sub

' Insertar numero para enviar SMS
sub procedure Env_SMS1()
dim c as byte
CodigoSend[1]= "A"
CodigoSend[2]= "T"
CodigoSend[3]= "+"
CodigoSend[4]= "C"
CodigoSend[5]= "M"
CodigoSend[6]= "G"
CodigoSend[7]= "S"
CodigoSend[8]= "="
CodigoSend[9]= "+"
CodigoSend[10]= "5"
CodigoSend[11]= "8"
N=0
FOR N=1 to 10
    CodigoSend[N+11]=Num_Llam[N]
next N
CodigoSend[22]=13
CodigoSend[23]=10
for c=1 to 23
    UART1_Write(CodigoSend[c])
next c
end sub

'Otra Linea
sub procedure Otra_Linea()
    Uart1_Write(13)
    Uart1_Write(10)
end sub

Sub Procedure Env_SMS2()

Dim ADC1 as string[10]
ADC2 as string[10]
movi as string[2]
movi2 as string[8]

salida1 as string[3]
salida2 as string[3]
salida3 as string[3]

ADC1=txtADC
ADC2=txtADC2
movi=Mov
movi2=Mov2
salida1=Sal1
salida2=Sal2
salida3=Sal3

Uart1_Write_Text("ENTRADAS:")
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text(" Temperatura= ")
Uart1_Write_Text(ADC1)
Uart1_Write_Text(" C")
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text(" Sensor 2= ")
Uart1_Write_Text(ADC2)
Uart1_Write_Text(" %")
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text(" Movimiento= ")
Uart1_Write_Text(movi)
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text(" Sensor 4= ")
Uart1_Write_Text(movi2)
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text("SALIDAS:")
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text(" Salida 1=")
Uart1_Write_Text(salida1)
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text(" Salida 2=")
Uart1_Write_Text(salida2)
Otra_Linea()
delay_ms(20)
Uart1_Write_Text(" Salida 3=")
Uart1_Write_Text(salida3)
Uart1_Write(26)
delay_ms(100)
end sub

' Insertar Saldo
Sub Procedure Insertar_Saldo()
dim por,c as byte
CodigoSend[1]= "A"
CodigoSend[2]= "T"
CodigoSend[3]= "D"
CodigoSend[4]= "*"
CodigoSend[5]= "1"
CodigoSend[6]= "2"
CodigoSend[7]= "7"
CodigoSend[8]= "*"
N=0
por=0
WHILE Codigo[N]<>"#"
    N=N+1
    CodigoSend[N+8]=Codigo[N]
wend
por=11+N
CodigoSend[por-2]=";"
CodigoSend[por-1]=13
CodigoSend[p]=10
for c=1 to por
    UART1_Write(CodigoSend[c])
end sub
```



```
next c
end sub

'Borrar datos de Text_SMS y Num_Llam
Sub Procedure Borrar_Mem()
dim borr as byte
borr=0
While Borr<>12
  if borr<11 then
    Num_Llam[borr]=0
  end if
  borr = borr + 1
wend
end sub

'Recepcion de Datos Seriales del Modem
sub procedure interrupt()
  'Leer Datos Seriales
  dim tmp,mas,sam as byte
  if TestBit(PIR1, RCIF) = 1 then
    tmp = UART1_Read()
    arreglo[i]=tmp
    i=i+1

  select case gsm_state
    case 0 if (tmp = "P") then
      ' we have 13, it could be CR+LF
      gsm_state = 1
      ' expecting LF
    end if
    If (tmp = ">") then
      EscribirSMS = 1
    end if
    If (tmp = "T") then
      gsm_state = 6
    end if
    If (tmp = "U") then
      gsm_state = 9
    end if
    If (tmp = "D") then
      gsm_state = 15
    end if

    case 1 if (tmp = ".:") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 2
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 2 if ( tmp = 32) then
      'recibe S
      gsm_state = 3
      ' Espera I
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 3 if ( tmp = 34) then
      'recibe S
      gsm_state = 4
      ' Espera I
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 4 if ( tmp = "0") then
      'recibe S
      gsm_state = 5
      ' Espera I
      cont=1
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 5 if (tmp <> 34) then
      Num_Llam[cont]=tmp
      cont = cont + 1
      i=0
      gsm_state = 5
    else
      Recibio_Llam=1
      gsm_state = 0
      ' Reset state machine
    end if

    case 6 if (tmp = "I") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 7
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 7 if (tmp = ".:") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 8
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 8 if (tmp = 32) then
      ' we have LF, response is complete
      Recibio_SMS = 1
      gsm_state = 0
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 9 if (tmp = "N") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 10
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 10 if (tmp = "R") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 11
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 11 if (tmp = "E") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 12
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 12 if (tmp = "A") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 13
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 13 if (tmp = "D") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 14
      mas = 1
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 14 if (tmp <> "O") then
      ' we have LF, response is complete
      complete
      Text_SMS[mas] = tmp
      mas=mas+1
      i=0
      gsm_state = 14
    else
      Text_Guard = 1
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if

    case 15 if (tmp=".:") then
      ' we have LF, response is complete
      gsm_state = 16
    else
      gsm_state = 0
      ' reset state machine
    end if
```



```
case 16 if (tmp = 32) then      ' we have LF, response is
complete
    gsm_state = 17
    sam = 1
else
    gsm_state = 0              ' reset state machine
end if

case 17 if (tmp <> "O") then    ' we have LF, response is
complete
    Text_Clave_Ope[sam] = tmp
    sam=sam+1
    i=0
    gsm_state = 17
else
    Text_OperaOK = 1
    gsm_state = 0              ' reset state machine
end if

case else
    gsm_state=0

end select
end if
end sub

'Contador de numeros almacenados en la agenda
sub procedure Cant_Numeros()
dim h,q as byte
Cant_Num=0
for q=0 to 10
    h=10+11*q
    Band_Num=EEPROM_read(h)
    if Band_Num="1" then
        Cant_Num=Cant_Num+1
    end if
next q
end sub
```

' Comparar Numero de Llamada o SMS con la Agenda

```
sub procedure Comparar()
dim compara,mass,o,b,quee,u as byte
u=Cant_Num+1
mass=1
while mass<>(u)
    b=11*mass
    compara=0
    Registrado=0
    for o=1 to 10
        quee=EEPROM_Read(b+o-1)
        delay_ms(30)
        if Num_Llam[o]=quee then
            compara = compara + 1
        else
            goto busca
        end if
    next o
    if compara = 10 then
        Registrado=1
        goto encontro
    end if
    busca:
    mass = mass+1
wend
encontro:
end sub
```

```
'Guardar PIN
sub procedure Guardar_PIN()
dim e as byte
Mem_EEPROM as byte
EEPROM_write(1,1)
```

```
for e=1 to N
    Mem_EEPROM=PIN[e]
    EEPROM_write(e+1,Mem_EEPROM)
next e
end sub
```

```
'Guardar Numero
Sub Procedure Guardar_numero()
dim k as byte
Mem_EEPROM1 as byte
r as byte
w as byte
f as byte
Cant_Numeros()
w=10+11*Cant_Num
EEPROM_Write(w,"1")
delay_ms(20)
for k=1 to 10
    Mem_EEPROM1=Nuevo_Num[k]
    EEPROM_write(w+k,Mem_EEPROM1)
next k
end sub
```

' Lee si Recibe: OK, Ready, Error, SIM PIM, Llamada

```
sub procedure Leer_Respuesta()
select case leer_resp
case 0 if (arreglo[d]= "O") then ' recibe O
    leer_resp = 1 ' Espera K
end if
if (arreglo[d]= "R") then ' recibe R
    leer_resp = 2 ' Espera E
end if
if (arreglo[d]= "E") then ' recibe E
    leer_resp = 6 ' Espera R
end if
if (arreglo[d]= "S") then ' recibe S
    leer_resp = 10 ' Espera I
end if
```

```
case 1 if (arreglo[d] = "K") then      ' we have LF, response is
complete
```

```
    Recibio_ok=1
else
    leer_resp = 0              ' reset state machine
end if
```

```
case 2 if (arreglo[d] = "E") then      ' rescibe E
    leer_resp = 3              'Busca A
else
    leer_resp = 0              ' reset state machine
end if
```

```
case 3 if (arreglo[d] = "A") then      ' rescibe A
    leer_resp = 4              'Busca D
else
    leer_resp = 0              ' reset state machine
end if
```

```
case 4 if (arreglo[d] = "D") then      ' rescibe D
    leer_resp = 5              'Busca Y
else
    leer_resp = 0              ' reset state machine
end if
```

```
case 5 if (arreglo[d] = "Y") then      ' rescibe D
    Recibio_Ready=1           'Busca Y
else
    leer_resp = 0              ' reset state machine
end if
```

```
case 6 if (arreglo[d] = "R") then      ' rescibe R
```



```

        leer_resp = 7          ' Busca R
    else
        leer_resp = 0          ' reset state machine
    end if

    case 7 if (arreglo[d] = "R") then      ' rescibe R
        leer_resp = 8                    ' Busca O
    else
        leer_resp = 0                    ' reset state machine
    end if

    case 8 if (arreglo[d] = "O") then      ' rescibe R
        leer_resp = 9                    ' Busca R
    else
        leer_resp = 0                    ' reset state machine
    end if

    case 9 if (arreglo[d] = "R") then      ' rescibe R
        Recibio_Error=1                  ' Busca R
    else
        leer_resp = 0
    end if

    case 10 if (arreglo[d] = "I") then     ' Recibe I
        leer_resp = 11                    ' Espera M
    else
        leer_resp = 0                    ' reset state machine
    end if

    case 11 if (arreglo[d] = "M") then     ' rescibe M
        leer_resp = 12                    'Busca <SPC>
    else
        leer_resp = 0                    ' reset state machine
    end if

    case 12 if (arreglo[d] = 32) then      ' rescibe <SPC>
        leer_resp = 13                    'Busca P
    else
        leer_resp = 0
    end if

    case 13 if (arreglo[d] = "P") then     ' Rescibe P
        leer_resp = 14                    ' Busca Y
    else
        leer_resp = 0                    ' reset state machine
    end if

    case 14 if (arreglo[d] = "I") then     ' rescibe I
        leer_resp = 15                    ' Busca N
    end if

    case 15 if (arreglo[d] = "N") then     ' Recibe U
        Recibio_PIN = 1                    ' Espera K
    else
        leer_resp = 0                    ' Reset state machine
    end if

    case else
        leer_resp = 0                    ' unwanted character
    end select
end sub

```

```

'Enviar PIN
sub procedure Enviar_PIN()
dim v,g as byte
    mensaje[1]= "A"
    mensaje[2]= "T"
    mensaje[3]= "+"
    mensaje[4]= "C"
    mensaje[5]= "P"
    mensaje[6]= "I"
    mensaje[7]= "N"

```

```

    mensaje[8]= "="
    N=1
    WHILE EEPROM_read(N+1)<>"#"
        mensaje[N+8]=EEPROM_read(N+1)
        N=N+1
    wend
    v=9+N
    mensaje[v-1]=13
    mensaje[v]=10
    for g=1 to v
        UART1_Write(mensaje[g])
    next g
    delay_ms(2000)
    delay_ms(2000)
    delay_ms(2000)
    delay_ms(1000)
end sub

'Leer Temperatura de (0-50)grados Celcius, y Sensor2 de 0-100 %
Sub procedure ADCin()
dim tmp3 as word      'Lectura del ADC
    tmp4 as float      'Cambia tmp a Float
    tmp3 = ADC_Read(0)
    tmp4= tmp3*50.0/1024.0
    FloatToStr(tmp4,txtADC)
    delay_ms(100)
end sub

Sub procedure ADCin2()
dim tmp32 as word      'Lectura del ADC
    tmp42 as float      'Cambia tmp a Float
    tmp32 = ADC_Read(1)
    tmp42= tmp32*100.0/1024.0
    FloatToStr(tmp42,txtADC2)
    delay_ms(100)
end sub

'Leer Entradas
Sub Procedure Leer_Entradas()
    ADCin()
    ADCin2()
    if porta.2=1 then
        Mov="SI"
    else
        Mov="NO"
    end if

    if porta.3=1 then
        Mov2="ACTIVO "
    else
        Mov2="INACTIVO"
    end if
end sub

'Leer Salidas
Sub Procedure Leer_Salidas()
    if TestBit(portc,0)=1 then
        Sal1="ON "
    else
        Sal1="off"
    end if
    if TestBit(portc,1)=1 then
        Sal2="ON "
    else
        Sal2="off"
    end if
    if TestBit(portc,2)=1 then
        Sal3="ON "
    else
        Sal3="off"
    end if
End Sub

```



```

'Mostrar en LCD SMS de Consulta de Saldo
Sub Procedure Text_Operadora()
Dim mostrar as byte
Borrar_Lcd()
for mostrar=43 to 60
    Lcd_Chr(1,mostrar-42,Text_SMS[mostrar])
next mostrar
for mostrar=61 to 80
    Lcd_Chr(2,mostrar-60,Text_SMS[mostrar])
next mostrar
for mostrar=81 to 95
    Lcd_Chr(3,mostrar-80,Text_SMS[mostrar])
next mostrar
for mostrar=96 to 110
    Lcd_Chr(4,mostrar-95,Text_SMS[mostrar])
next mostrar
consul_Saldo=0
End Sub

'Mostrar en LCD Resultado de introducir Clave de Saldo
Sub Procedure Resul_Clav_Saldo()
Dim muestra as byte
Borrar_Lcd()
for muestra=4 to 23
    Lcd_Chr(2,muestra-3,Text_Clave_Ope[muestra])
next muestra
for muestra=24 to 42
    Lcd_Chr(3,muestra-23,Text_Clave_Ope[muestra])
next muestra
Text_OperaOK = 0
Retardo()
Retardo()
Retardo()
end sub

' Inicializacion de Variables
sub procedure Inicializar()
    gsm_state = 0          ' initialization of state mashine parameters
    leer_resp=0
    Recibio_ok=0
    Recibio_Ready=0
    Recibio_Error=0
    Recibio_PIN=0
    Recibio_PUK=0
    Recibio_Llam=0
    i=0
    d=0
end sub

'FIN DE SUBROUTINAS

main:
delay_ms(100)
'Configuracion de los Puertos
PORTB = 0
TRISC.0 = 0
TRISC.1 = 0
TRISC.2 = 0
PORTC.0=0
PORTC.1=0
PORTC.2=0
PORTC.0 = 0
TRISA=%00001111
TRISB = %11111111        ' Puerto B como entradas
adcon1= %00001101        ' AN0 y AN1 Analogicas, El resto Digitales
TRISD =%111110000
PORTD=0
Delay_ms(100)

' Habilitar Interrupcion de la UART
PIE1.RCIE = 1
INTCON.PEIE = 1

```

```

INTCON.GIE = 1
Delay_ms(100)

'Inializacion de la UART
UART1_Init(9600)          ' Initialize UART module at 9600 bps
Delay_ms(100)

'inicializacion de la LCD
Lcd_Init()                ' Initialize Lcd
Delay_ms(100)
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)       ' Clear display
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF) ' Cursor off
Inicializar()
'Inicializar Variables
Recibio_Llam=0
Recibio_SMS=0
Text_Guard = 0
Text_OperaOK = 0
consul_Saldo=0

goto Menu_General
' Configuracion inicial del Modem
reenv:
LCD_out(1,1,"Ajuste Inicial Modem")
LCD_out(2,1,"Ajuste baudios 9600")
Retardo()
Uart1_Write_text("AT+IPR=9600")
Otra_Linea()

resp:
Leer_Respuesta()
if Recibio_ok=1 then
    LCD_out(3,1,"OK ")
    Retardo()
    goto siguiente
end if
if Recibio_Error=1 then
    LCD_out(3,1,"ERROR")
    Inicializar()
    Retardo()
    goto reenv
end if
d=d+1
goto resp

siguiente:
Inicializar()
LCD_out(2,1,"Verificando SIM ")
LCD_out(3,1," ")
Retardo()
UART1_Write_Text("AT+CPIN?")
Otra_Linea()
Resp1:

Leer_Respuesta()
if Recibio_Ready=1 then
    LCD_out(3,1,"Listo ")
    Retardo()
    goto siguiente1
end if
if Recibio_PIN=1 then
    LCD_out(3,1,"Necesita PIN ")
    Retardo()
if EEPROM_read(1)=1 then
    band=0
    espera:
    Inicializar()
    Enviar_PIN()
    espera1:
    Leer_Respuesta()
    if Recibio_ok=1 then
        LCD_out(4,1,"PIN Correcto ")
        Retardo()

```



```
Recibio_PIN=0
Recibio_ok=0
i=0
goto siguiente1
end if
if Recibio_Error=1 then
  if band=1 then
    LCD_out(4,1,"PIN Incorrecto")
    Retardo()
    Recibio_Error=0
    d=0
    band=band+1
    goto espera
  end if
  Inicializar()
  goto Menu_Agregar
end if
d=d+1
goto espera1
else
  Inicializar()
  GOTO Menu_Agregar
end if
Recibio_PIN=0
goto siguiente
end if
if Recibio_Error=1 then
  LCD_out(3,1,"ERROR  ")
  Inicializar()
  Retardo()
  goto siguiente
end if
if d=200 then
  goto siguiente
end if
d=d+1
goto Resp1

siguiente1:
Inicializar()
LCD_out(2,1,"Modo Texto  ")
LCD_out(3,1,"  ")
Delay_ms(1000)
UART1_Write_Text("AT+CMGF=1")
Otra_Linea()
Resp2:
Leer_Respuesta()
if Recibio_ok=1 then
  LCD_out(3,1,"OK  ")
  Retardo()
  goto siguiente2
end if
if Recibio_Error=1 then
  LCD_out(3,1,"ERROR")
  Inicializar()
  Retardo()
  goto siguiente1
end if
if d=100 then
  goto siguiente1
end if
d=d+1
goto Resp2

siguiente2:
Inicializar()
LCD_out(2,1,"Mostrar Nuevo SMS ")
LCD_out(3,1,"  ")
Retardo()
UART1_Write_Text("AT+CNMI=3,1,0,0")
Otra_Linea()
Resp3:
```

```
Leer_Respuesta()
if Recibio_ok=1 then
  LCD_out(3,1,"OK  ")
  Retardo()
  goto siguiente3
end if
if Recibio_Error=1 then
  Lcd_Out(3,1,"ERROR")
  Inicializar()
  Retardo()
  goto siguiente2
end if
if d=100 then
  goto siguiente2
end if
d=d+1
Goto Resp3

siguiente3:
Inicializar()
LCD_out(2,1,"Mostrar Llamada  ")
LCD_out(3,1,"  ")
Retardo()
UART1_Write_Text("AT+CLIP=1")
Otra_Linea()
Leer_Respuesta()
Resp4:
Leer_Respuesta()
if Recibio_ok=1 then
  Lcd_Out(3,1,"OK  ")
  Retardo()
  goto siguiente4
end if
if Recibio_Error=1 then
  Lcd_Out(3,1,"ERROR")
  Inicializar()
  Retardo()
  goto siguiente3
end if
if d=100 then
  goto siguiente3
end if
d=d+1
Goto Resp4

siguiente4:
Inicializar()
Borrar_Lcd()
LCD_out(2,1,"Ajuste Finalizado!!!")
Retardo()

GOTO Menu_General

while (TRUE)          ' Lazo infinito
  ciclo:

  Menu_General:
  Inicializar()
  Borrar_Lcd()
  Lcd_Out(1,9,"INICIO")
  Lcd_Out(2,1,"1.-> Entradas/Salidas")
  Lcd_Out(3,1,"2.-> Agenda")
  Lcd_Out(4,1,"3.-> Otros")

  Leer_Opcion:
  Get_Kp()
  Option_Read=kp
  if (kp = "1") then
    goto Entradas_Salidas
  end if
  if (Option_Read = "2") then
    goto Numeros
  end if
```



```
if (Option_Read = "3") then
  goto Otros
end if
if Recibio_Llam=1 then
  delay_ms(300)
  Uart1_Write_Text("ATH")
  Otra_Linea()
  Retardo()
  Borrar_Lcd()
  Lcd_Out(1,1,"Recibio Llamada")
  for m=1 to 10
    lcd_chr(2,m,Num_Llam[m])
  next m
  goto prueba
end if
if Recibio_SMS=1 then
  Borrar_Lcd()
  Lcd_Out(1,3,"Recibio SMS")
  goto Leer_SMS
end if

goto Leer_Opcion

Entradas_Salidas:
  Borrar_Lcd()
  LCD_out(1,1,"*->ATRAS")
  Lcd_Out(2,1,"1-> Entradas")
  Lcd_Out(3,1,"2-> Salidas")
Entradas_Salidas1:
  Get_Kp()
  Option_Read=kp
  if Option_Read="1" then
    goto Entradas
  end if
  if Option_Read="2" then
    goto Salidas
  end if
  if Option_Read="*" then
    goto Menu_General
  end if

  goto Entradas_Salidas1

Entradas:
  Borrar_Lcd()
  Lcd_Out(1,1,"Temp= "+txtADC+" C")
  Lcd_Out(2,1,"Sensor2= ")
  Lcd_Out(3,1,"Movimiento " + Mov)
  Lcd_Out(4,1,"Sensor 4= ")

Entradas1:
  Leer_Entradas()
  Lcd_Out(1,7,txtADC+" C")
  Lcd_Out(2,10,txtADC2+" %")
  Lcd_out(3,12,Mov)
  Lcd_Out(4,11,Mov2)
  Get_Kp()
  Option_Read=kp
  if Option_Read="*" then
    goto Entradas_Salidas
  end if

  goto Entradas1

Salidas:
  Borrar_Lcd()
  Lcd_Out(1,1,"*->ATRAS")
Salidas1:
  Leer_Salidas()
  Lcd_Out(2,1,"Salida 1: " + Sal1)
  Lcd_Out(3,1,"Salida 2: " + Sal2)
  Lcd_Out(4,1,"Salida 3: " + Sal3)
```

```
Get_Kp()
Option_Read=kp
if Option_Read="*" then
  goto Entradas_Salidas
end if
if (kp = "1") then
  Borrar_Lcd()
  goto Mod_Sal1
end if
if (Option_Read = "2") then
  Borrar_Lcd()
  goto Mod_Sal2
end if
if (Option_Read = "3") then
  Borrar_Lcd()
  goto Mod_Sal3
end if

goto Salidas1

Mod_Sal1:
  Get_kp()
  Option_Read=Kp
  if TestBit(portc,0)=1 then
    Sald4="APAGAR Salida 1"
  else
    Sald4="ENCENDER Salida 1"
  end if
  Lcd_out(1,1,Sald4)
  Lcd_Out(3,3,"NO->* SI->#")
  if Option_Read="*" then
    goto Salidas
  end if
  if Option_Read="#" then
    Borrar_Lcd()
    Lcd_Out(1,1,"Cambiando.....")
    delay_ms(300)
    if portc.0=1 then
      portc.0=0
    else
      portc.0=1
    end if
    goto Salidas
  end if
  Goto Mod_Sal1

Mod_Sal2:
  Get_kp()
  Option_Read=Kp
  if TestBit(portc, 1)=1 then
    Sald4="APAGAR Salida 2"
  else
    Sald4="ENCENDER Salida 2"
  end if
  Lcd_out(1,1,Sald4)
  Lcd_Out(3,3,"NO->* SI->#")
  if Option_Read="*" then
    goto Salidas
  end if
  if Option_Read="#" then
    Borrar_Lcd()
    Lcd_Out(1,1,"Cambiando.....")
    delay_ms(300)
    if portc.1=1 then
      portc.1=0
    else
      portc.1=1
    end if
    goto Salidas
  end if
  Goto Mod_Sal2

Mod_Sal3:
```



```
Get_kp()
Option_Read=Kp
if TestBit(portc, 2)=1 then
  Sald4="APAGAR Salida 3"
else
  Sald4="ENCENDER Salida 3"
end if
Lcd_out(1,1,Sald4)
Lcd_Out(3,3,"NO->* SI->#")
if Option_Read="*" then
  goto Salidas
end if
if Option_Read="#" then
  Borrar_Lcd()
  Lcd_Out(1,1,"Cambiando.....")
  delay_ms(300)
  if portc.2=1 then
    portc.2=0
  else
    portc.2=1
  end if
  goto Salidas
end if
Goto Mod_Sal3

Numeros:
borrar_num=0
Borrar_Lcd()
Lcd_Out(1,1,"*->INICIO")
Cant_Numeros()
lcd_chr(1,2,Cant_Num)
if Cant_Num=0 then
  Lcd_Out(3,1,"2.-> Agregar")
  caso1=1
  caso2=0
  caso3=0
end if
if (Cant_Num>=1)and(Cant_Num<=9) then
  Lcd_Out(2,1,"1.-> Ver")
  Lcd_Out(3,1,"2.-> Agregar")
  Lcd_Out(4,1,"3.-> Eliminar")
  caso2=1
  caso1=0
  caso3=0
end if
if Cant_Num=10 then
  Lcd_Out(2,1,"1.-> Ver")
  Lcd_Out(4,1,"3.-> Eliminar")
  caso3=1
  caso1=0
  caso2=0
end if
Numeros1:
  Get_Kp()
  Option_Read=kp
  if Caso1=0 then
    if Option_Read="1" then
      goto Ver_Num
    end if
  end if
  if Caso3=0 then
    if Option_Read="2" then
      goto Agregar_Num
    end if
  end if
  if Caso1=0 then
    if Option_Read="3" then
      goto Eliminar_Num
    end if
  end if
  if Option_Read="*" then
    goto Menu_General
  end if
```

```
goto Numeros1

Ver_Num:
Borrar_Lcd()
Cant_Numeros()
if Cant_Num>3 then
  Lcd_Out(1,1,"*->ATRÁS #->SIGUE")
else
  Lcd_Out(1,1,"*->ATRÁS")
end if
Lcd_Out(2,1,"1.->")
Lcd_Out(3,1,"2.->")
Lcd_Out(4,1,"3.->")
for m=0 to 9
  Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(11+m))
  if Cant_Num>1 then
    Lcd_chr(3,m+5,EEPROM_read(22+m))
  end if
  if Cant_Num>2 then
    Lcd_chr(4,m+5,EEPROM_read(33+m))
  end if
next m
Ver_Num1:
Get_Kp()
Option_Read=kp
if Option_Read="*" then
  goto Numeros
end if
if borrar_Num=1 then
  if Option_Read="1" then
    Borrar_Lcd()
    Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 1:")
    For m=0 to 9
      Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(11+m))
    next m
    Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
    num_borr=1
    goto borra
  end if
end if
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>1 then
    if Option_Read="2" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 2:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(22+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
      num_borr=2
      goto borra
    end if
  end if
end if
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>1 then
    if Option_Read="3" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 3:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(33+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
      num_borr=3
      goto borra
    end if
  end if
end if
if Cant_Num>3 then
  if Option_Read="#" then
    goto Sigue1
  end if
```



```
end if
goto Ver_Num1

Sigue1:
Borrar_Lcd()
if Cant_Num>6 then
  Lcd_Out(1,1,"*->ATRAS #->SIGUE")
else
  Lcd_Out(1,1,"*->ATRAS")
end if
Lcd_Out(2,1,"4.->")
Lcd_Out(3,1,"5.->")
Lcd_Out(4,1,"6.->")
for m=0 to 9
  Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(44+m))
  if Cant_Num>4 then
    Lcd_chr(3,m+5,EEPROM_read(55+m))
  end if
  if Cant_Num>5 then
    Lcd_chr(4,m+5,EEPROM_read(66+m))
  end if
next m
Sigue11:
Get_Kp()
Option_Read=kp
if Option_Read="*" then
  goto Ver_Num
end if
if borrar_Num=1 then
  if Option_Read="4" then
    Borrar_Lcd()
    Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 4:")
    For m=0 to 9
      Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(44+m))
    next m
    Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
    num_borr=4
    goto borra
  end if
end if
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>4 then
    if Option_Read="5" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 5:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(55+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
      num_borr=5
      goto borra
    end if
  end if
end if
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>5 then
    if Option_Read="6" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 6:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(66+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
      num_borr=6
      goto borra
    end if
  end if
end if
if Cant_Num>6 then
  if Option_Read="#" then
    goto Sigue2
  end if
end if
```

```
goto Sigue11
Sigue2:
Borrar_Lcd()
Lcd_Out(1,1,"7.->")
Lcd_Out(2,1,"8.->")
Lcd_Out(3,1,"9.->")
Lcd_Out(4,1,"10.->")
for m=0 to 9
  Lcd_chr(1,m+5,EEPROM_read(77+m))
  if Cant_Num>7 then
    Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(88+m))
  end if
  if Cant_Num>8 then
    Lcd_chr(3,m+5,EEPROM_read(99+m))
  end if
  if Cant_Num>9 then
    Lcd_chr(4,m+6,EEPROM_read(110+m))
  end if
next m
Sigue22:
Get_Kp()
Option_Read=kp
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>7 then
    if Option_Read="8" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 8:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(88+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
      num_borr=8
      goto borra
    end if
  end if
end if
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>6 then
    if Option_Read="7" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 7:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(77+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
      num_borr=7
      goto borra
    end if
  end if
end if
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>8 then
    if Option_Read="9" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 9:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(99+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
      num_borr=9
      goto borra
    end if
  end if
end if
if borrar_Num=1 then
  if Cant_Num>9 then
    if Option_Read="1" then
      Borrar_Lcd()
      Lcd_Out(1,1,"BORRAR NUMERO 10:")
      For m=0 to 9
        Lcd_chr(2,m+5,EEPROM_read(110+m))
      next m
      Lcd_Out(3,1," NO-> * SI-> # ")
    end if
  end if
end if
```



```
num_borr=10
goto borra
end if
end if
end if
if Option_Read="*" then
goto Sigue1
end if
goto Sigue22

Agregar_Num:
Borrar_Lcd()
Lcd_Out(1,1,"*->ATRAS")
Lcd_Out(4,1,"Ejm: 41x 555 55 55")
N=1
Agregar_Num1:
Get_Kp()
if Kp<>"A" then
if Kp<>"#" then
if N<=10 then
Nuevo_Num[N]=kp
LCD_chr(2,N,kp)
N=N+1
end if
end if
end if
if kp="*" then
goto Numeros
end if
if N=11 then
Lcd_Out(1,1,"*->ATRAS #->GUARDAR")
if Kp="#" then
Guardar_numero()
LCD_out(4,1,"NUMERO GUARDADO!!!")
Retardo()
goto Numeros
end if
end if
goto Agregar_Num1

Eliminar_Num:
borrar_num=1
goto Ver_Num
borra:
Get_kp()
if Kp="#" then
Lcd_Out(4,1,"Borrando, Espere...")
x=10+11*num_borr
delay_ms(100)
j=10-num_borr
for l=1 to j
s=11*num_borr
xotro = 10+11*num_borr
delay_ms(20)
sera = 1
while sera < 11
delay_ms(30)
reescribe=EEPROM_Read(xotro+sera)
delay_ms(30)
EEPROM_write(s+sera-1,reescribe)
sera=sera+1
wend
num_borr=num_borr+1
next l

delay_ms(30)
Cant_Numeros()

y=11*(Cant_Num)
EEPROM_Write(y-1,0xFF)

goto Numeros
end if
```

```
if Kp="*"then
goto Numeros
end if
goto borra

Otros:
Borrar_Lcd()
Lcd_Out(1,1,"*->INICIO")
Lcd_Out(2,1,"1.-> Consultar Saldo")
Lcd_Out(3,1,"2.-> Insert Tarjeta")
Otros1:
Get_Kp()
Option_Read=kp
if Option_Read="1" then
goto Consultar_Saldo
end if
if Option_Read="2" then
goto Insert_Tarjeta
end if
if Option_Read="*" then
goto Menu_General
end if
goto Otros1

Consultar_Saldo:
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR)
Uart1_write_Text("ATD123;")
Otra_Linea()
Lcd_Out(1,1," Consultado Saldo")
Lcd_Out(3,1,"Por Favor!")
Lcd_Out(4,1,"Espere.....")
Consultar_Saldo1:
Get_Kp()
Option_Read=kp
if Option_Read="*" then
goto Otros
end if
if Recibio_SMS=1 then
Borrar_Lcd()
Lcd_Out(1,3,"Recibio SMS")
consul_Saldo=1
goto Leer_SMS
end if
goto Consultar_Saldo1

Insert_Tarjeta:
Borrar_Lcd()
Lcd_Out(1,1,"*->ATRAS #->ENVIAR")
N=1
Get_Kp()
while Kp<>"#"
Get_Kp()
if kp<>"A" then
Codigo[N]=kp
LCD_chr(2,N,kp)
N=N+1
end if
if kp="*" then
goto Otros
end if
wend
Insertar_Saldo()
Lcd_Out(1,1,"*->ATRAS ")
LCD_out(4,1,"CODIGO ENVIADO!!!")
Retardo()
Esperando_resp:
if Text_OperaOK = 1 then
Resul_Clav_Saldo()
end if
Get_Kp()
Option_Read=kp
if Option_Read="*" then
goto Otros
```



```
end if
goto Esperando_resp

Menu_Agregar:
Borrar_Lcd()
LCD_out(1,1,"*->ATRAS #->GUARDAR")
ver1:
Intro_PIN:
N=1
while Kp<>"#"
Get_Kp()
If Kp<>"A" then
if N<8 then
PIN[N]=kp
LCD_chr(2,N,kp)
N=N+1
end if
end if
if kp="*" then
goto ciclo
end if
wend
Guardar_PIN()
N=1
LCD_out(4,1,"PIN Guardado!!!")
Retardo()
Borrar_Lcd()
Inicializar()
goto espera

prueba:
Cant_Numeros()
Comparar()
if Registrado=1 then
Lcd_Out(3,1,"Si esta Registrado!!!")
Retardo()
Recibio_Llam=0
Goto Enviar_SMS_E_S
else
Lcd_Out(3,1,"NO esta Registrado")
Retardo()
Recibio_Llam=0
Inicializar()
Borrar_Mem()
Goto Menu_General
end if

Leer_SMS:
Inicializar()
Retardo()
Recibio_SMS=0
Uart1_Write_Text("AT+CMGR=1")
Otra_Linea()
Leer_SMS1:
if Text_Guard = 1 then
Retardo()
if consul_Saldo=1 then
Text_Operadora()
Uart1_Write_Text("AT+CMGD=1")
Otra_Linea()
Borrar_Mem()
Atras:
Get_kp()
if Kp="*" then
goto Otros
end if
goto Atras
end if
for m=7 to 16
Lcd_Chtr(2,m-2,Text_SMS[m])
Num_Llam[m-6]=Text_SMS[m]
next m
Text_Guard = 0

Cant_Numeros()
Comparar()
if Registrado=1 then
Lcd_Out(3,1,"Si esta Registrado!!!")
Retardo()
Recibio_Llam=0
Registrado=0
Goto Ejc_Acc
else
Lcd_Out(3,1,"NO esta Registrado")
Retardo()
Recibio_Llam=0
Registrado=0
Uart1_Write_Text("AT+CMGD=1")
Otra_Linea()
Borrar_Mem()
Goto Menu_General
end if
end if
goto Leer_SMS1

Ejc_Acc:
LCD_out(4,1,"Ejecutando Accion")
Retardo()
Borrar_Lcd()
for m=43 to 51
Lcd_Chtr(2,m-42,Text_SMS[m])
if Text_SMS[m]="1" then
if Text_SMS[m+1]="0" then
PORTC.0=0
end if
if Text_SMS[m+1]="1" then
PORTC.0=1
end if
end if
if Text_SMS[m]="2" then
if Text_SMS[m+1]="0" then
PORTC.1=0
end if
if Text_SMS[m+1]="1" then
PORTC.1=1
end if
end if
if Text_SMS[m]="3" then
if Text_SMS[m+1]="0" then
PORTC.2=0
end if
if Text_SMS[m+1]="1" then
PORTC.2=1
end if
end if
next m
Retardo()
Uart1_Write_Text("AT+CMGD=1")
Otra_Linea()
Retardo()
Goto Enviar_SMS_E_S

Enviar_SMS_E_S:
Inicializar()
EscribirSMS=0
Env_SMS1()
send:
if EscribirSMS=1 then
Inicializar()
Leer_Entradas()
Leer_Salidas()
Env_SMS2()
send2:
Leer_Respuesta()
if Recibio_ok=1 then
LCD_out(4,1,"SMS Enviado!!!")
Inicializar()
```



```
Retardo()  
Borrar_Mem()  
goto Menu_General  
end if  
if Recibio_Error=1 then  
LCD_out(4,1,"ERROR  ")  
Inicializar()  
Retardo()  
goto Menu_General
```

```
end if  
d=d+1  
goto send2  
end if  
goto send  
  
wend  
  
end.
```

**APÉNDICE B: LISTA DE MATERIALES Y PRECIOS**

Componente	Cantidad	Precio Unitario	Sub Total
Modem Siemens TC35 Tarjeta Arduino	1	850	850
Sim Digitel	1	150	150
Microcontrolador PIC18F4550	1	98	98
MAX232	1	5	5
Condensador Electrolítico 1uF/16V	1	2	2
Conector DB9 Macho P/ PCB	1	8	8
Conector DB9 Macho P/Cable Plano	2	17	34
Teclado Matricial 3x4	1	40	40
Resistencia 1/4 W Valores varios	15	0,6	9
LCD 20x4	1	130	130
Relé 5V SPTD	2	8	16
Optoacoplador MOC3031	2	12	24
Optoacoplador 4N25	2	5	10
Driver ULN2003	1	8	8
Triac BTB24 25A/600V	2	25	50
Conector Header PCB 40x2	1	10	10
Conector P/Cable Plano 4x2	8	6	48
Cable Plano 30 AWG 1x60/Metro	1	30	30
Base Dip40	1	8	8
Sensor De Temperatura MCP9006	1	10	10
Sensor De Movimiento PIR	1	120	120
Caja Plástica	1	68	68
Conector Terminal Block 1x2	2	4	8
Conector Terminal Block 1x3	2	4	8
Resonador Cerámico 4 MHZ	1	6	6
Lámina Baquelita Tamaño Carta	1	45	45
Cloruro Férrico 100g	1	30	30
Papel Transfer Press And Peel	1	25	25
Condesador Cerámico 22pF/50V	2	2	4
Estaño Rollo	1	50	50
Base Dip16	1	4	4
Disipador TO220	2	6	12
Mica P/Disipador TO220	2	2	4
Tornillo Plástico	2	2	4
TOTAL			1928

APÉNDICE C: IMÁGENES DEL PROTOTIPO Y SUS PARTES

PROTOTIPO FINAL



TARJETA PRINCIPAL DEL SISTEMA



TARJETA DE SALIDAS DEL SISTEMA



TARJETA DE ENTRADAS DEL SISTEMA



MODEM SIEMENS TC35 TARJETA ARDUINO

