



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN

**“INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL APLICADO AL
CONTROL DE RUTA EN UNA UNIDAD DE TRANSPORTE URBANO”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

Presentado por:

ROLANDO ALCIVAR BALSECA CALUÑA

MARCO ANTONIO SINCHIGUANO CADENA

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

AGRADECIMIENTO

A nuestro Director de Tesis; por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios por haberme dado la oportunidad de vivir y regalarme una familia tan maravillosa al inmenso esfuerzo y apoyo que me ha brindado mis padres Angelita Caluña y Néstor Balseca para poder alcanzar un sueño tan anhelado en mi vida.

Con mucho cariño a mi esposa Nelly y a mi hija Helen por haber estado a mi lado y ayudarme para continuar y seguir mi camino en la culminación de esta carrera.

ROLANDO BALSECA

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mi querida madre quien desde el ensueño noble de la eternidad me sigue brindando una luz en mi camino.

A toda mi familia quien me apoya en cada una de mis decisiones y me ha ayudado a cumplir un objetivo más en vida.

MARCO SINCHIGUANO

NOMBRE

FIRMA

FECHA

DR. ROMEO RODRÍGUEZ

**DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

.....

.....

ING. PAUL ROMERO

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TECNOLOGÍA EN COMPUTACIÓN**

.....

.....

ING. HUGO MORENO

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

ING. FRANKLIN MORENO

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

TLGO. CARLOS RODRÍGUEZ

**DIRECTOR DEL CENTRO DE
DOCUMENTACIÓN**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

“Nosotros, Rolando Alcivar Balseca Caluña y Marco Antonio Sinchiguano Cadena somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Rolando A. Balseca C.

Marco A. Sinchiguano C.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ASK	Amplitude Shift Keying
BT	Base de datos Tesis
DTFM	Multifrecuencia de Doble Tono
FSK	frequency Shift Keying
ISCODI	Software Integración de Sistemas de Comunicación Digital
LME	Lector de Memoria Externa
MI	Módulo identificador
MPC	Módulo Punto de Control
MC	Módulo Central
PC	Punto de Control
PSK	Phase Shift Keying
rfPIC	Microcontrolador con módulo de radiofrecuencia
SMS	Short Message Service

ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DE AUTORES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL	19
1.1. Antecedentes	19
1.2. Justificación del proyecto de tesis	20
1.3. Objetivos	21
1.3.1. Objetivo General	21
1.3.2. Objetivos Específicos.....	21
1.4. Hipótesis desarrollada.....	22

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN	23
2.1. Introducción	23
2.2. Elementos de un sistema de comunicación.....	24
2.2.1. La fuente	24
2.2.2. Transmisor.....	25
2.2.2.1. Modos de Transmisión.....	26

2.2.3. Medio de comunicación.....	27
2.2.4. Receptor.....	28
2.3. Sistemas de Comunicación Digital	28
2.3.1. Modulación ASK.....	29
2.3.2. Modulación FSK.....	30
2.4. Comunicaciones Celulares	31
2.4.1. Segunda Generación 2G.....	31
2.4.2. Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM).....	32
2.4.2.1. Arquitectura del Sistema GSM.....	32
2.4.2.2. Servicio de Mensajes Cortos (SMS).....	34
2.4.2.3. Comandos AT para envío y recepción de SMS.....	37

CAPÍTULO III

MICROCONTROLADORES.....	42
3.1. Arquitectura de los Microcontroladores.....	42
3.1.1. El procesador.....	43
3.1.2. La Memoria	44
3.1.3. Puertas de Entrada y Salida.....	46
3.1.4. Reloj principal.....	46
3.2. El PIC 16F628A.....	47
3.3. El PIC 16F676.....	48
3.4. El PIC 12F675.....	49
3.5. El Bus I2C.....	49
3.5.1. Características Básicas del Bus I2C.....	50
3.5.2. Funcionamiento del Bus I2C.....	51
3.5.3. Dispositivos controlados por el bus I2C.....	55
3.6. RFPICS.....	56

3.6.1. El Microcontrolador rfPIC12F675-(K,F,H).....	57
3.6.1.1. Arquitectura del rfPIC12F675K	59
3.6.1.2. Características de transmisión	61
3.6.1.3. Aplicaciones	62
3.6.2. Módulo rRXD0420 y rRXD0920.....	63
3.6.2.1. Arquitectura del rRXD0420.....	64
3.6.2.2. Unidad de recepción	65

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL PROTOTIPO	68
4.1. Sistema de Transporte Urbano	68
4.1.1. Inconvenientes del sistema de registro manual de recorrido	69
4.1.2. Solución al problema de registro manual de recorrido	71
4.2. Visión general del prototipo	73
4.3. Desarrollo del Prototipo.....	74
4.3.1. Análisis del MI	74
4.3.1.1. Estándar de comunicación	74
4.3.1.2. Generación de Preámbulo, Cabecera y fin de trama.....	75
4.3.1.3. Paquete de datos a ser transmitidos	75
4.3.1.4. Codificación y transmisión de datos	76
4.3.2. Implementación del MI.....	77
4.3.2.1 Diagrama Esquemático del MI	77
4.3.2.2. Programación del rfPIC12F675K	78
4.3.3. Análisis del MPC.....	81
4.3.3.1 Recepción de datos mediante el rRXD0420.....	82
4.3.3.2. Procesamiento de datos mediante el PIC 12F676	83
4.3.3.3. Procesamiento de datos mediante el PIC 16F628A.....	85

4.3.4. Implementación Hardware del MPC.....	90
4.3.5. Descripción del MC	92
4.3.5.1. Lector de Memoria Externa EEPROM (LME).....	93
4.3.5.2. Implementación del Lector de Memorias.....	93

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE PARA EL MC.....	96
5.1. Principio Básico de Programación.....	96
5.2 Análisis de los requerimientos del software para el prototipo.....	97
5.2.1. Ingreso y almacenamiento de datos de Inicialización	97
5.2.2. Generación de horarios de recorrido.....	97
5.2.3. Recolección de datos desde el puerto serial.....	98
5.2.4. Almacenamiento de datos resultado del monitoreo.....	98
5.2.5. Monitoreo, visualización y reportes del prototipo en funcionamiento.....	99
5.3. Implementación del Software para el MC	99
5.3.1. Desarrollo de la Base de Datos	99
5.3.2. Desarrollo del Software Aplicativo.....	100
5.3.3. Diagrama General del Software Aplicativo	101

CAPÍTULO VI

IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO	104
6.1. Implementación Software.....	104
6.2. Implementación del hardware del prototipo	106
6.2.1. Instalación de los Puntos de Control.....	107
6.2.2. Instalación del MI.....	107
6.2.3. Hardware del MC	108
6.3. Prueba inicial de envío y recepción de datos.....	108

6.4. Prueba de Simulación del prototipo y Resultados	110
6.5. Reportes	112

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

- Fig. II.01.** Sistema Humano de Transmisión
- Fig. II.02.** Elementos de un sistema de comunicación
- Fig. II.03.** Señal fuente en función del tiempo
- Fig. II.04.** Espectro de frecuencias
- Fig. II.05.** Modulación ASK. (Amplitud-shift keying)
- Fig. II.06.** Modulación FSK. (Frequency-Shift keying)
- Fig. II.07.** Estructura de una red GSM
- Fig. II.08.** Teléfono con tecnología GSM
- Fig. III.01.** Arquitectura Harvard
- Fig. III.02.** PIC 16F628A
- Fig. III.03.** PIC 16F676
- Fig. III.04.** PIC 12F675
- Fig. III.05.** Resistencias Pull Up
- Fig. III.06.** Condiciones de Inicio y Parada del bus I2C.
- Fig. III.07.** Direccionamiento de dispositivo I2C con dirección de 7 bits.
- Fig. III.08.** Direccionamiento de dispositivo I2C con dirección de 10 bits.
- Fig. III.09.** DIP 8 Pines 24LC256
- Fig. III.10.** DIP 8 pines DS1307
- Fig. III.11.** Registros del RCT
- Fig. III.12.** rfPIC12F675K
- Fig. III.13.** Niveles de Pila o stack.
- Fig. III.14.** Organización de los bancos.
- Fig. III.15.** Unidad de transmisión del rfPIC12F675K.
- Fig. III.16.** Ajuste de la potencia de salida
- Fig. III.17.** Encapsulado del rfRXD0420.
- Fig. III.18.** Diagrama de pines del rfRXD0420
- Fig. IV.01.** Reloj electromecánico
- Fig. IV.02.** Controladores apurados para marcar tarjeta
- Fig. IV.03.a.** Enlace modulo identificador y modulo punto de control
- Fig. IV.03.b.** Enlace al módulo central
- Fig. IV.04.** Trama de transmisión
- Fig. IV.05.** Codificación de Bits

Fig. IV.06. Módulo Microchip para el rfPIC12F675K

Fig. IV.07. Diagrama de flujo del programa

Fig. IV.08. Ráfaga de datos recibidos

Fig. IV.09. Diagrama de flujo del sistema de recepción

Fig. IV.10. Diagrama de flujo para proceso de información

Fig. IV.11. Módulo receptor de MICROCHIP para rfPICs

Fig. IV.12. Pista transferida a la placa mediante calor (ambas caras)

Fig. IV.13. Placa Corroída por el ácido

Fig. IV.14. Montaje de elementos en la placa

Fig. IV.15. Montaje del circuito MPC en el chasis

Fig. IV.16. Diagrama de lectura memoria EEPROM

Fig. IV.17. Diagrama de flujo para pic 12F675/lector de memoria

Fig. IV.18. Diagrama Esquemático del lector de memoria 24LC256

Fig. V.01. IDE de SQL SERVER 2000

Fig. V.02. Tablas utilizadas en la Base de Datos BaseTesis

Fig. V.03. IDE del software de programación Delphi

Fig. V.04. Propiedades del Objeto Serial Port

Fig. VI.01. Ingreso de datos de un nuevo socio

Fig. VI.02. Datos de la unidad

Fig. VI.03. Datos del punto de control

Fig. VI.04. Instalación del MPC

Fig. VI.05. Instalación del MI

Fig. VI.06. Equipos que conforman el MC

Fig. VI.07. Mensaje Recibido en Prueba Inicial.

Fig. VI.08. Reporte Individual de la Unidad 1

Fig. VI.09. Reporte General de las unidades

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Designación de la Banda de Frecuencias

Tabla II.II Comandos AT para SMS

Tabla III.I. Familia de rfPICS

Tabla III.II. Dispositivos rfPIC16F675X

Tabla III.III. Potencia de Salida del Transmisor

Tabla III.IV. Rango de frecuencias a las que operan.

Tabla III.V. Frecuencia de Cristales

Tabla VI.I. Existencia de enlace entre MI y MPC

Tabla VI.II. Retardo de comunicación celular entre MPC y MC

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo muestra el estudio y desarrollo de la integración de sistemas de comunicación digital con el objetivo de proporcionar un sistema general de comunicación para una solución alternativa del problema que afronta el registro manual de tiempos de recorrido que realizan los transportes urbanos de la localidad y mediante el soporte del software aplicativo gestionar un monitoreo real de quienes usen el sistema y con la facultad de presentar estadísticas de operación de las unidades de transporte mediante la generación de reportes.

El propósito general del trabajo se basa en dos partes: La primera parte comprendida esencialmente en el estudio de los sistemas de comunicación y el desarrollo hardware del sistema, cuyo trabajo está en el tratamiento de la comunicación celular, comunicación serial, comunicación bluetooth y el uso de la nueva tecnología RFPIC con su comunicación Digital. La segunda parte dedica interés al software aplicativo encargado de procesar los datos que reciba del hardware del sistema de comunicación, su ámbito se basa en la programación en el lenguaje Delphi y el uso de la base de datos SQL Server.

Con lo anterior enunciado el sistema presenta tres módulos: Módulo Identificador (MI), Módulo Punto de Control (MPC) y el módulo Central (MC). El primer módulo basado en el uso del transmisor programable rfPIC12F1675K y la comunicación digital se encarga de proporcionar una identificación para cada unidad de transporte urbano, datos que serán transmitidos hacia el MPC, los mismos que son previamente programados en un lenguaje de bajo nivel haciendo uso de un estándar o protocolo de comunicación digital. El segundo módulo basado en el uso del receptor rRXD0420, el PIC 12F676 que trabaja en base al procesamiento de datos en base al estándar de comunicación del MI a la vez realiza una

comunicación serial con el PIC 16F628A que a su vez se encarga de gestionar el protocolo de comunicación serial I2C para el almacenamiento de datos en la memoria 24LC256 y presentación visual del reloj calendario de tiempo real DS1307, y el enlace hacia el modem GSM para la generación de un SMS que incluye la hora de marcación por el punto de control y en su posterior envío mediante el servicio de telefonía celular hacia el MC para su respectivo procesamiento. El MC basado en la comunicación celular acoplada hacia el computador central por medio de la comunicación bluetooth, el software aplicativo Integración de Sistemas de Comunicación Digital (ISCODI) que gestiona una base de datos SQL se encarga de recibir el SMS enviado por el MPC y realizar el registro de la unidad de transporte que va marcando su registro en diferentes puntos de control.

La presente Tesis se halla elaborado en seis capítulos:

El Capítulo I presenta un marco referencial que especifica los antecedentes, objetivos e hipótesis general de la Tesis.

El Capítulo II hace un estudio teórico de los principios de comunicación, los tipos de comunicación, una descripción de los sistemas de comunicación celular, el servicio de SMS y una guía rápida del uso de comandos AT necesarios para el control y manejo del modem GSM.

El Capítulo III realiza un estudio de todos los componentes y protocolos de comunicación que se utilizó en la realización de esta Tesis empezando con el estudio de los microcontroladores, su estructura interna y características de operación. Luego con el estudio de los protocolos I2C y sus aplicativos en el uso de memorias externas EEPROM, específicamente la memoria 24LC256 y el reloj de tiempo real DS1307. Luego hace referencia al uso de la nueva tecnología RFPIC, los dispositivos rPIC12F675K y el rRXD0920 detallando cada una de sus características de comunicación y los aplicativos.

El Capítulo IV presenta el análisis del sistema manual de control de recorrido del transporte urbano, los problemas y el estudio de una solución basado en tecnología actual. Las etapas de construcción especifica los protocolos de comunicación, la encriptación de los datos, la codificación, el diseño y construcción de los diferentes módulos hardware que se utiliza en la implementación del sistema, también se involucra una parte de programación de dispositivos, por lo que hablamos de un sistema que contiene una parte firmware.

El capítulo V se basa en el desarrollo del software aplicativo del prototipo en la que hace uso del lenguaje de programación Delphi 7 y el uso de un gestor de base de datos SQL Sever 2000. Además presenta el funcionamiento del programa y como realiza la monitorización de los puntos de control.

El Capítulo VI muestra la implementación del prototipo en una prueba real de funcionamiento, recopilando resultados obtenidos al realizar pruebas de simulación del funcionamiento del sistema, las especificaciones necesarias para su correcto funcionamiento y los posibles errores que se puedan ocurrir.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Con la evolución de la tecnología actual, las comunicaciones digitales han sido las que mejor se destacan en este proceso ya sea vía radio frecuencia, bluetooth, infrarrojo, comunicaciones móviles, vía microonda entre otras; todas estas basadas en los principios de comunicación digital ASK (Amplitude Shift Keying), FSK (frequency Shift Keying), PSK (Phase Shift Keying), permitiendo así que la vida cotidiana del ser humano coexista con estos avances tecnológicos ya que siempre se hace uso de la tecnología sin simplemente notarlo; adaptándose siempre al ritmo y necesidad de vida de las personas.

En referencia a esta evolución electrónica en los sistemas de automatización se ha dado mayor apertura a la utilización de la tecnología inalámbrica. Iniciándose en un principio con la utilización de controles remotos de uso doméstico, los mismos que han ido evolucionando en nuevas y mejores formas de desarrollo. La necesidad de encontrar un dispositivo de control inalámbrico ya se hace presente con el lanzamiento de los microcontroladores rfpic y que en el Ecuador se ha convertido en un tema de importante investigación. Estando estos dispositivos Transmisores (rfpics 12C509AF/G y C12F675K/KFH) y Receptores (rfRXD420 o

rFRXD0920) a disposición a partir del mes de mayo del 2003 en los países desarrollados.

Y por otro lado en los últimos años se ha observado que el tener un teléfono móvil es casi obligatorio, y esto se nota cuando se mira alrededor a muchas personas hablando por el celular, sea la hora que sea y en cualquier lugar.

Una evolución de la telefonía celular, sobre todo entre los más jóvenes, es el envío de mensajes rápidos. Los SMS, o mensajes de texto, son actualmente una de las prácticas más extendidas entre la nueva generación. SMS significa *Short Message Service*, que traducido es algo así como servicio de mensaje corto, el mismo que está siendo utilizado para el desarrollo de nuevas aplicaciones prácticas como: alarmas, controles de actuadores en componentes electrónicos, sistemas de detección, etc.

En los últimos 10 años el incremento del transporte urbano, rural e interprovincial en nuestro país ha sido notable, la regulación del control vehicular en cada una de sus rutas se ha convertido en un actividad monótona y que al ser este un proceso manual se obtiene ciertos grados de equivocaciones cuando se realizan los controles de recorridos para cada unidad de transporte perteneciente a una determinada empresa, provocando así las ya conocidas maratones por parte de controladores al momento de registrar el tiempo de recorrido y a expensas de provocar agravios personales entre chofer y controlador por falla humana o mecánica en los tarjeteros, finalizando con un total desacuerdo entre la unidad y quienes se encuentran a cargo de gestionar esta actividad.

1.2. Justificación del proyecto de tesis

Ante el notable avance tecnológico en los sistemas de comunicación digital, y la urgente necesidad de implementar una forma automática de registrar los tiempos de recorrido, ubicación de unidades y un total monitoreo de este sistema; se presenta el desarrollo del

presente prototipo, el mismo que pretende brindar una solución a este problema con el diseño de tres módulos de comunicación (Identificador, Punto de Control y Central) que cumplirán las siguientes funciones:

Modulo Identificador: Por medio de la tecnología rfpic se pretende realizar la identificación de la unidad de transporte que pasa por el punto de control, adquiriendo su clave identificador y estableciendo la hora en que realiza el cruce por este punto de control.

Modulo Punto de Control: Este se compone por dos subsistemas: el primero que interactúa con el modulo identificador para que permita la lectura de datos enviados por este. El segundo tomará estos datos, los procesara y los enviara hacia el Modulo Central haciendo uso de la tecnología celular, específicamente envío - recepción de SMS.

Modulo Central: Estructurada en dos bloques, uno para hardware y otro para software. El Hardware será el encargado de interactuar con los Módulos de los puntos de control para el envío y recepción de datos, así como la sincronización del sistema. Con los datos ya recibidos, el Software se encargara de almacenar, monitorear y establecer acciones según las políticas de la empresa.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Integrar sistemas de comunicación digital aplicada al control de ruta en una unidad de Transportes Urbano en dos puntos de Control.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Investigar y seleccionar las tecnologías de los sistemas de comunicación inalámbrica

que se utiliza en el proyecto.

- Estudiar el sistema de control manual que llevan las entidades de transporte urbano para el desarrollo de la parte software del proyecto.
- Diseñar e implementar los módulos de Unidad Identificador, Unidad Punto de Control y Unidad Central para el monitoreo sobre el recorrido de una ruta.
- Integrar un sistema fiable a la transmisión de datos utilizando memorias de almacenamiento en cada punto de control.

1.4. Hipótesis desarrollada

Con la implementación del proyecto INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL APLICADO AL CONTROL DE RUTA EN UNA UNIDAD DE TRANSPORTE URBANO en dos puntos de control se presenta el monitoreo del tiempo de recorrido como resultado del procesamiento de datos en el software aplicativo, los mismos que son enviados y recibidos mediante el uso de la tecnología inalámbrica rfpic y telefonía celular.

CAPÍTULO II

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

2.1. Introducción

Un sistema de comunicación está basado en un transmisor, canal o medio de comunicación y un receptor, desde la simple comunicación humana que se ilustra en la Fig. II.01 que utiliza las cuerdas vocales como transmisor, el aire como medio de comunicación y el oído como receptor hasta un sistema tan complicado como una red de datos.

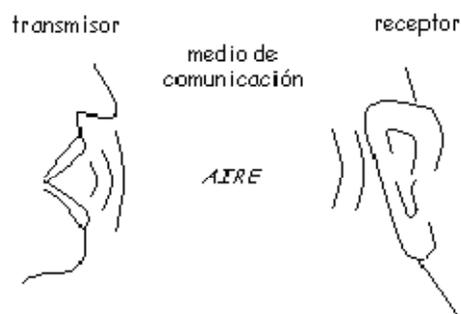


Fig. II.01. Sistema Humano de Transmisión

Cualquier sistema de comunicación pasa información desde un origen o fuente a un destino

por medio de un canal o medio de comunicación. La Fig. II.02 ilustra esta idea sencilla; por lo general, la información de la fuente no está en una forma que tenga la capacidad de viajar a través de un canal, por tal razón es necesario de un acondicionamiento que prepara la señal para que esta pueda ser transmitida a través de un medio utilizando el proceso de modulación, de igual manera es necesario de un proceso inverso en la parte de recepción para que esta pueda ser expresada a la forma original de información.

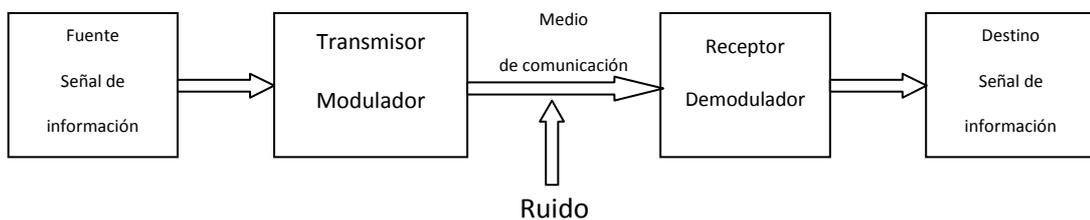


Fig. II.02. Elementos de un sistema de comunicación

2.2. Elementos de un sistema de comunicación

2.2.1. La fuente

La fuente o la señal de información pueden ser analógicas o digitales. Los ejemplos comunes son las señales de audio, video y los datos digitales que pueden ser expresados mediante una función matemática dependientes del tiempo como se puede observar en la Fig. II.03. La fuente se describe a menudo en los términos del intervalo de frecuencia que ocupa. Por ejemplo, las señales analógicas de voz con calidad telefónica contiene frecuencias que van desde casi 300Hz a 4KHz, en tanto que la música analógica de alta fidelidad necesita un intervalo de frecuencia de alrededor de 20Hz a 20KHz.

Las fuentes digitales se derivan de señales de audio o video o consisten de datos (caracteres alfanuméricos, por ejemplo). Las señales digitales pueden tener casi cualquier ancho de banda, lo cual depende de la cantidad de bits transmitidos por segundo y del método usado para

convertir los unos y ceros binarios en señales eléctricas.



Fig. II.03. Señal fuente en función del tiempo

2.2.2. Transmisor

En este elemento interviene el proceso de modulación que se define como la capacidad de transformar la información de su forma original a una forma más adecuada para la transmisión hacia el medio (usando la señal fuente y una señal portadora). A esta nueva onda se la denomina onda modulada.

La señal portadora que por lo común es una onda senoidal se genera a una frecuencia mucho más alta que la frecuencia más alta de la señal banda base o fuente. La amplitud instantánea de la señal fuente se usa para modificar algún parámetro de la portadora, de ahí que se tiene modulación en amplitud, fase y frecuencia.

Una ecuación general para una portadora senoidal es:

$$e(t) = E_c \text{sen}(\omega_c t + \theta)$$

Donde $e(t)$ = voltaje instantáneo como una función del tiempo

E_c = voltaje pico o máximo

ω_c = frecuencia en radianes por segundo

t = tiempo en segundos

θ = desfase en radianes

2.2.2.1. Modos de Transmisión

Los sistemas electrónicos de comunicaciones se pueden diseñar para manejar la transmisión sólo en una dirección, en ambas direcciones, sólo en una a la vez, o ambas al mismo tiempo y en ambas direcciones. A estos se les llama modos de transmisión. Hay cuatro modos de transmisión posibles:

Simplex.- Con el funcionamiento simplex, las transmisiones sólo se hacen en una dirección. A veces, a los sistemas simplex se les llama sólo en un sentido. Una estación puede ser un transmisor o un receptor, pero no ambos a la vez. Como ejemplo de transmisión es la emisión comercial de radio o televisión.

Semidúplex.- Las transmisiones se pueden hacer en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo. A veces, a los sistemas de este tipo se les llama de alternar en ambos sentidos. Una estación puede ser transmisora y receptora, pero no al mismo tiempo. Los sistemas de radio en dos sentidos que usan botones para hablar (PTT, push to talk) para conectar sus transmisores, como son los radio de banda civil y de policía son ejemplos.

Dúplex Total.- Se puede transmitir en ambas direcciones al mismo tiempo. A veces se les llama simultáneos de dos direcciones. Una estación puede transmitir y recibir en forma simultánea; sin embargo, la estación a la que se transmite también debe ser de la que se recibe, el sistema telefónico convencional es un ejemplo.

Dúplex total/general.- Es posible transmitir y recibir en forma simultánea, pero no necesariamente entre las mismas dos estaciones (es decir, una estación puede transmitir a una segunda estación, y recibir al mismo tiempo de una tercera estación). Las transmisiones dúplex total/ general se usan casi exclusivamente en circuitos de comunicaciones de datos.

2.2.3. Medio de comunicación

Existen dos tipos de canal de comunicación, los medios no guiados que comprenden el espacio libre, por donde la señal se propaga libremente y los medios guiados por donde la señal se encuentra limitada en su propagación. Este último tipo de medio lo comprenden las líneas de transmisión (cable bifilar, coaxial), las guías de onda (rectangular y circular) y la Fibra Óptica.

Banda de Frecuencias

El objetivo de un sistema electrónico de comunicaciones es transferir información entre dos o más lugares. Esto se logra convirtiendo la información original a energía electromagnética.

El espectro de frecuencias se subdivide en bandas. Cada banda tiene un nombre y sus límites. Las frecuencias exactas asignadas a transmisores que funcionan en las diversas clases de servicio se actualizan y alteran en forma constante, para cumplir con las necesidades de comunicaciones de una determinada nación.

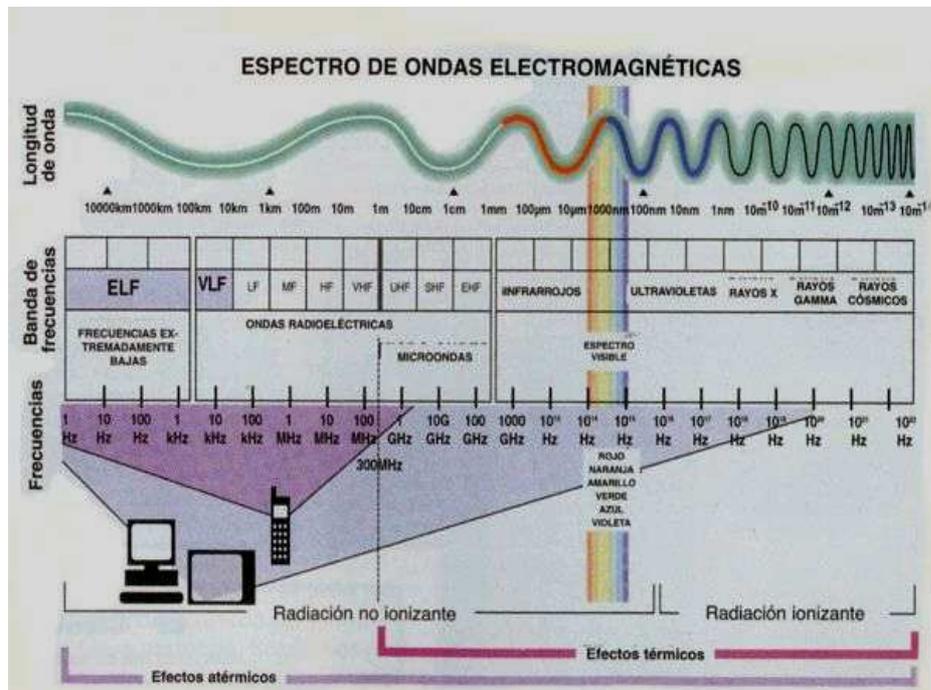


Fig. II.04. Espectro de frecuencias

El espectro útil de radiofrecuencias (RF) se divide en bandas de frecuencia más angostas, a las que se dan nombres y números descriptivos, y algunas de ellas se subdividen a su vez en diversos tipos de servicios. Las designaciones de banda según el Comité Consultivo Internacional de Radio (CCIR) se observó en la Fig. II.04.

La Tabla II.I muestra la designación de las bandas con su respectivo nombre y rangos de frecuencias.

Tabla II.I. Designación de la Banda de Frecuencias

Intervalo de frecuencias	Designación
30 Hz – 300 Hz	ELF (frecuencias extremadamente bajas)
0.3 KHz – 3 KHz	VF (frecuencias de voz)
3 KHz – 30 KHz	VLF (frecuencias muy bajas)
30 KHz – 300 KHz	LF (Bajas frecuencias)
0.3 MHz – 3MHz	MF (Frecuencias intermedias)
3 MHz – 30 MHz	HF (Frecuencias alta)
30 MHz – 300 MHz	VHF (frecuencias muy altas)
0.3 GHz – 3 GHz	UHF (frecuencias ultra altas)
3 GHz – 30 GHz	SHF (frecuencias súper altas)
30 GHz – 300 GHz	EHF (frecuencias extremadamente altas)

2.2.4. Receptor

Este elemento se encarga de realizar el proceso de demodulación que no es más que volver a regenerar la señal fuente usando el proceso inverso de modulación con la que el transmisor envió la señal.

2.3. Sistemas de Comunicación Digital

Los sistemas de comunicación digital se utilizan en la banda de UHF, debido al avance de las comunicaciones. Con este entorno se puede ver que los principales sistemas de comunicación digital usan las siguientes modulaciones como base.

2.3.1. Modulación ASK

La modulación ASK (ver Fig. II.05) es una conmutación en amplitud, donde se multiplica una portadora con una amplitud fija y una frecuencia fija por el "1" digital que se desea enviar.

En otras palabras, cuando se presenta un "1" digital, la portadora no se ve afectada, mientras que si existe un "0" digital, la portadora se multiplica por cero, dando 0 a la salida.

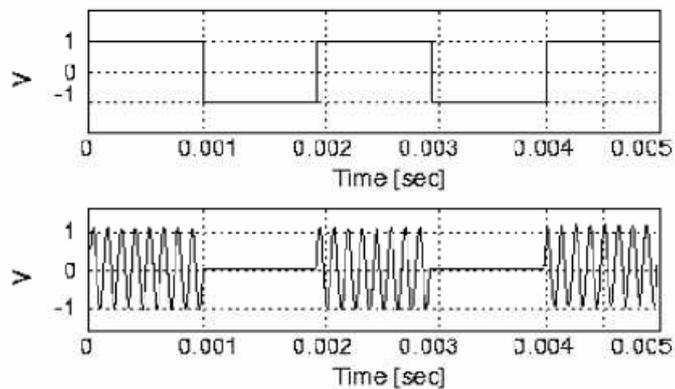


Fig. II.05. Modulación ASK. (Amplitud-shift keying)

Su fórmula está dada por:

$$S(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi F_c t), & \text{si 1 digital.} \\ 0, & \text{si 0 digital.} \end{cases}$$

Donde:

A_c = amplitud fija.

F_c = frecuencia fija.

El uso de portadoras analógicas de amplitud modulada para transportar información digital es un tipo de radio digital de relativamente baja calidad y bajo costo y en consecuencia rara vez

se usa en sistemas de comunicaciones de gran capacidad y alta eficiencia.

2.3.2. Modulación FSK

La modulación FSK es otro tipo relativamente sencillo y de baja eficiencia de conmutación digital que manejan algunos sistemas de comunicación.

La FSK (ver Fig. II.06) binaria es una forma de modulación de ángulo de amplitud constante, parecido a la modulación convencional de frecuencia (FM), pero ésta trabaja en función de dos frecuencias: F1 y F2, cuando se presenta un "1" digital, la salida es la portadora a una frecuencia F1, cuando se presenta un "0" digital, la salida vuelve a ser la portadora pero a una frecuencia F2.

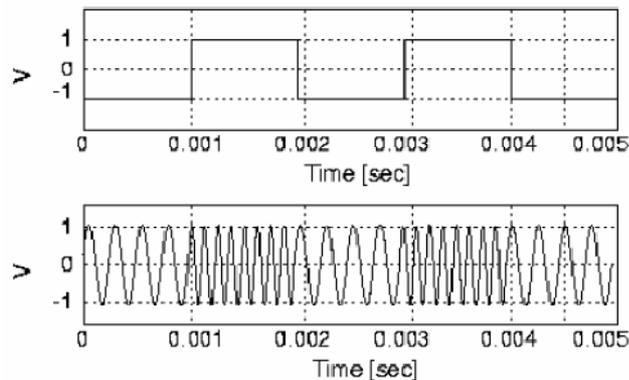


Fig. II.06. Modulación FSK. (Frequency-Shift keying)

Su fórmula está dada por:

$$S(t) = \begin{cases} A_c \cos(2\pi F_1 t), & \text{si 1 digital.} \\ A_c \cos(2\pi F_2 t), & \text{si 0 digital.} \end{cases}$$

Donde:

A_c = amplitud fija.

F_1 y F_2 = frecuencias diferentes, F_{max} y F_{min} .

2.4. Comunicaciones Celulares

Es conocido como el sistema de telefonía que no requiere un enlace fijo, por ejemplo vía cable telefónico, para la transmisión y recepción. Utiliza la radio transmisión mediante ondas Hertzianas, como la radio convencional, por lo que el terminal emitirá y recibirá las señales con una antena hacia y desde el repetidor más próximo (antenas repetidoras de telefonía móvil) o vía satélite. Siendo este un descubrimiento importante realizado en las investigaciones militares, como referencia se cita la primera utilización por parte de la policía de Detroit en el año de 1921.

Durante toda la evolución de la telefonía celular su desarrollo ha pasado por cinco generaciones hasta la fecha actual. En el Ecuador se halla en la segunda generación e inicios de la tercera generación.

2.4.1. Segunda Generación 2G

La Segunda Generación (2G) de telefonía celular, como es GSM, IS-136 (TDMA) e IS-95 (CDMA) comenzó a usarse por el año de 1990. La primera llamada digital entre teléfonos celulares fue realizada en Estados Unidos y en 1991 la primera red GSM fue instalada en Europa.

La generación se caracterizó por circuitos digitales de datos conmutados por circuito y la introducción de la telefonía rápida y avanzada a las redes. Usó a su vez acceso múltiple de tiempo dividido (TDMA) para permitir que hasta ocho usuarios utilizaran los canales separados por 200MHz. Los sistemas básicos usaron frecuencias de banda de 900MHz, mientras otros de 1800 y 1900MHz. Nuevas bandas de 850MHz fueron agregadas en forma posterior.

La introducción de esta generación trajo la desaparición de los “ladrillos” que se conocían como teléfonos celulares, dando paso a pequeñísimos aparatos que entran en la palma de la mano y oscilan entre los 80-200gr. Mejoras en la duración de la batería, tecnologías de bajo consumo energético. EL sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y se emplea en los sistemas de telefonía celular actuales.

Se pueden ofrecer servicios auxiliares, como datos, fax y SMS (Short Message Service). La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communication Services).

2.4.2. Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM)

Es el estándar más popular para teléfonos móviles en el mundo, se estima que el 82% del mercado móvil mundial usa el estándar. GSM es utilizada por más de 3 millones de personas a través de más de 212 países y territorios. Su propagación permite a los abonados utilizar sus teléfonos en muchas partes del mundo. GSM difiere de sus predecesores en tanto que expresión de señalización y los canales son digitales. Esto también ha significado que la comunicación de datos es fácil construir en el sistema.

2.4.2.1. Arquitectura del Sistema GSM

Se compone de cuatro bloques o subsistemas que se explica a continuación, así como se puede apreciar en la Fig. II.07.

- La Estación móvil (MS)
- El subsistema de estación base (BSS)
- El subsistema de conmutación y de red (NSS)
- El subsistema de operación y mantenimiento (MNS)

La Estación móvil (MS) conforma 4 partes: El terminal móvil (MT) que es el teléfono móvil. La Tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) que es la tarjeta de abonado que proporciona el operador al usuario cuando se contratan sus servicios. El adaptador de terminal 8TA9 es el elemento de adaptación para la interconexión del teléfono móvil con un equipo terminal de datos (TE) para transmisión de datos vía GSM.

El Subsistema de Estación Base (BSS) es la capa de red que se encarga de proporcionar y controlar el acceso de los terminales al espectro disponible, así como del envío y recepción de los datos. Incluye dos tipos de elementos: la Estación de Base (BTS, Base Transceiver Station), en contacto con las estaciones móviles a través del interfaz radio, y el Controlador de Estaciones de Base (BSC, Base Station Controller), este último en contacto con las centrales de conmutación del NSS. La división funcional es básicamente entre un equipo de transmisión, la BTS, y un equipo de gestión, el BSC. Una BTS contiene dispositivos de transmisión y recepción, incluyendo las antenas, y también el procesado de señal necesario para el interfaz de radio. La BTS pueden considerarse como módems de radio complejos, teniendo pocas funciones adicionales.

El subsistema de red y conmutación (NSS) incluye las funciones básicas de conmutación del GSM, así como las bases de datos necesarias para los datos de usuario y la gestión de la movilidad. La función principal del NSS es gestionar las comunicaciones entre los usuarios GSM y los usuarios de otras redes de telecomunicación. Esta función se realiza en la MSC (Mobile Services Switching Centre), cuya misión principal es coordinar el establecimiento de llamadas desde y hacia usuarios GSM. La MSC tiene interfaces con la BSS de un lado (a través de la cual está en contacto con los usuarios GSM), y con las redes exteriores por otro. La interfaz con redes externas para comunicarse con usuarios fuera del GSM puede requerir un elemento de adaptación (IWF, Interworking Functions) que generalmente se utiliza para conectar la red

GSM a las redes de datos. El NSS también necesita conectarse con redes externas para hacer uso de su capacidad de transportar datos de usuario o señalización entre entidades GSM. En particular, el NSS hace uso de una red soporte de señalización, al menos en parte externa al GSM, siguiendo los protocolos del Sistema de Señalización por Canal Común UIT-T 7 (generalmente referida como la red SS7); esta red de señalización permite interoperabilidad entre entidades del NSS dentro de una o varias redes GSM.

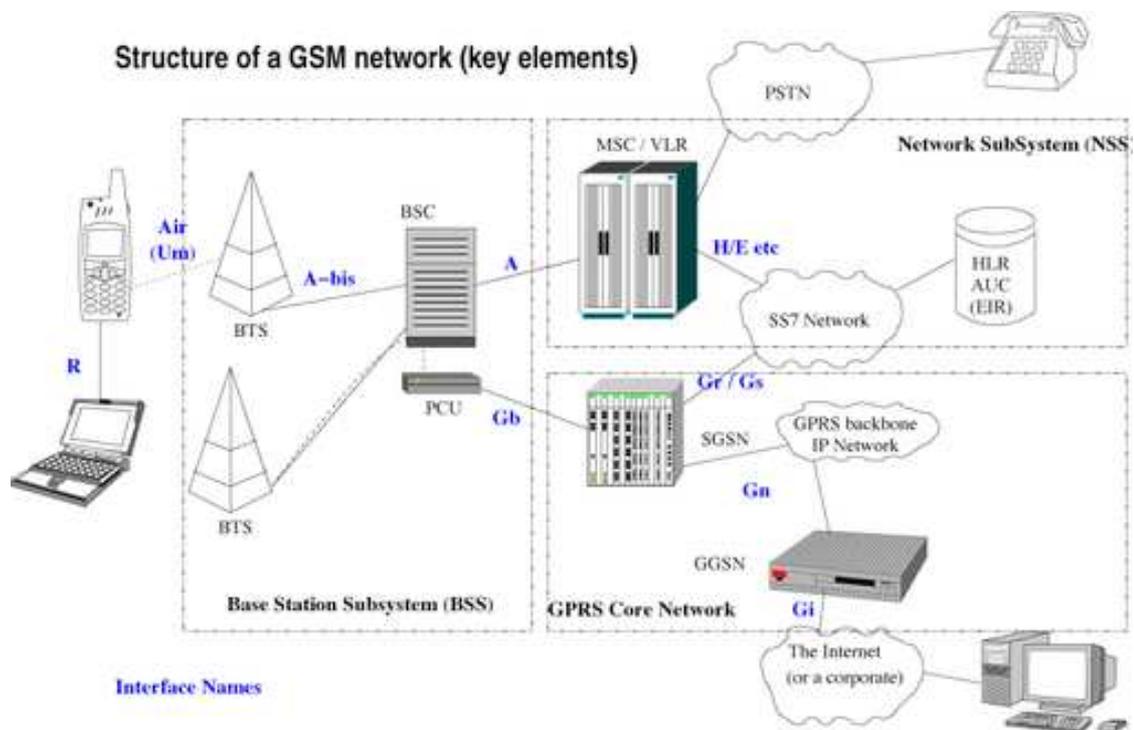


Fig. II.07. Estructura de una red GSM

2.4.2.2. Servicio de Mensajes Cortos (SMS)

Los SMS, o mensajes de texto, son actualmente una de las prácticas más extendidas de utilización entre la nueva generación. De un modo simple, es un modo de comunicación que envía texto entre teléfonos móviles o desde un PC. El término “corto” se refiere al máximo tamaño del mensaje de texto, que son 160 caracteres, los cuales pueden ser letras, números o símbolos en el alfabeto latino. Para otros alfabetos como por ejemplo el chino, el máximo

tamaño de SMS son 70 caracteres.

Los SMS tienen mucho que ver de cómo funcionan los móviles en sí. Incluso si no se está hablando por un teléfono móvil, este dispositivo está constantemente mandando y recibiendo información. Está “hablando” con su antena o torre de telefonía sobre una conexión llamada canal de control. Esta antena o torre puede ser la que se halla en los bloques de viviendas o en alguno cercano. La razón de esto es para que el sistema de móviles sepa en qué celda está tu teléfono y para ir cambiando de celda según no vayamos moviendo. Cada cierto tiempo, tu teléfono y la antena intercambiarán un paquete de datos y se harán saber que todo está perfecto.



Fig. II.08. Teléfono con tecnología GSM

El teléfono también usa el canal de control para la preparación de la llamada. Cuando alguien intenta llamar, la antena o torre envía un mensaje sobre el canal de control e informa al celular que haga sonar el timbre. La torre también le da al teléfono un par de canales de frecuencia de voz para ser utilizados por la llamada.

El canal de control provee el camino para los mensajes SMS. Cuando algún abonado envía un SMS, el mensaje fluye a través del SMSC (centro de servicios de mensajes cortos que gestiona los intercambios de SMS), y después a la torre, y la torre entonces envía el mensaje al teléfono de destino como un pequeño paquete de datos sobre el canal de control.

Ventajas de los SMS

Los mensajes SMS tienen varias ventajas. Es más discreto que una conversación de voz, haciéndolo ideal como forma de comunicación privada. Normalmente lleva menos tiempo enviar un mensaje de este tipo que realizar una llamada o enviar un email.

Los SMS son un servicio de almacenamiento y envío, significa que cuando un sms se transmite, dicho mensaje no va directamente al teléfono móvil. La ventaja de este método es que el teléfono móvil no tiene que estar encendido o con cobertura para poder recibir el sms. El mensaje se almacena en SMSC los días que sean necesarios, hasta que el teléfono se encienda o tenga cobertura, donde el mensaje es recibido. Este mensaje permanecerá en la tarjeta SIM del receptor hasta que lo borre.

Aparte de hacer envío de persona a persona, los SMS se pueden usar para enviar mensajes a un número grande de gente al mismo tiempo, ya sea por medio de una lista de contactos o todos los usuarios en un área particular. Este servicio se llama *broadcasting* o de amplia difusión y lo usan compañías para contactar grupos de empleados o servicios online para distribuir noticias e información para suscriptores.

Las compañías están usando los SMS para diferentes cosas aparte del típico mensaje de una persona a otra. Al no sobrecargar los SMS la red tanto como las llamadas de teléfono, se usa frecuentemente por programas de televisión para dejar que los espectadores voten en encuestas, como herramientas de promoción en pantallas gigantes en espectáculos deportivos o musicales, etc.

Se pueden usar los SMS para suscribirse a servicios que nos recuerden con un mensaje a nuestro móvil, cuando tomar alguna medicación o hacer algo importantes, como también alertas del tiempo, últimas noticias, o cualquier información que se crea importante. Algunos

buscadores de Internet como Google o Yahoo! tienen servicios de mensajería corta que permite a los usuarios conseguir información como direcciones, horarios de espectáculos, etc.

Desventajas de los SMS

A pesar de su popularidad, este servicio de mensajes cortos ha recibido algunas críticas. Algunas desventajas de los SMS son:

Hay que pagar por ello. Muchos planes wireless de este tipo tienen recargo por cierto número de mensajes al mes. Algunos cobran por origen de usuario, mientras que otros lo hacen por mensajes entrantes también. Normalmente no es caro enviar un SMS, pero la carga en un mes o más llegará a una cantidad de dinero que puede subir más de lo que pensábamos. Esto lo saben las compañías y por eso nos bombardean con absurdas encuestas por los medios de comunicación donde la respuesta es obvia, pero lo que importa es que la gente envíe el SMS.

La entrega de mensajes rápidos no está garantizada. Durante periodos de tráfico intenso, pueden pasar minutos o incluso horas antes de que nos llegue el mensaje. Los SMS son estrictamente para mensajes de texto. SMS no soporta el envío de fotos, video o archivos de texto.

2.4.2.3. Comandos AT para envío y recepción de SMS

Los comandos AT son utilizados por los computadores para realizar una comunicación serial con los módems celulares, por ejemplo se puede ocupar el software Nokia PC Suite que es una aplicación basado en comandos AT para la gestión del celular presentado una interfaz amigable que oculta estos comandos a la vista del usuario.

Existe una amplia variedad de comandos AT que son utilizados en los celulares, sin embargo hay comandos específicos para cada versión, pero la mayor parte de ellos y los más comunes

son ejecutables.

Sintaxis del Comando AT

Cuando se quiera mostrar o fijar un valor de algún parámetro de la configuración, se utiliza la siguiente sintaxis:

1. AT+___=n para escribir un nuevo valor de configuración en el comando
2. AT+___? Muestra la actual configuración para el comando
3. AT+___=? Muestra los posibles valores que puede utilizar el comando

AT+CMGF Formato del Mensaje

Nos permite decir al adaptador cual es el tipo de formato para la entrada y salida de los mensajes, se especifica también este formato así para la utilización de comandos de envío, lectura, listado y escritura.

Sintaxis:

AT+CMGF=[<mode>] Selecciona el formato del mensaje

AT+CMGF? Consulta la actual configuración
La respuesta es +CMGF: <mode>.

AT+CMGF=? Muestra los valores soportados.
La respuesta es +CMGF: (list of supported <mode>s).

Valores del <mode>:

0 Modo PDU

1 Modo Texto

AT+CSCA Servicio del Centro de Direcciones

Este comando se usa para especificar el centro de servicio de mensajería, a través del cual los mensajes son transmitidos por la operadora de servicio celular.

Sintaxis:

AT+CSCA=<sca>[,<type>] Establece la dirección del centro de servicios

AT+CSCA? Consulta la actual configuración

La respuesta es +CSCA: <sca>, <type>.

Parámetros:

<sca> “Servicio del centro de direcciones en format texto”

<type> tipo de dirección, se usa +593

AT+CMGS Envío de Mensajes

Envía un mensaje hacia la red. Un valor de mensaje de referencia (mr) es retornado al DTE cuando el mensaje se envió exitosamente. El envío del sms puede ser cancelado usando el caracter ESC,

La combinación de teclas CTRL+Z se usa para indicar la finalización del cuerpo del mensaje. Este comando se usa solamente para el formato de mensaje en texto plano, si los mensajes son de forma de PDU, tiene otra nomenclatura.

Sintaxis:

AT+CMGS=<addr>[,<type>]<CR>text<ctrl-Z/ESC> Envía el mensaje

Respuesta es +CMGS:<mr>.

Parámetros:

<addr> “Número destino en format texto”

<type> tipo de dirección de destino, 129 para local y 145 el acceso internacional

<mr> número de referencia del mensaje

2 mensajes de nuevas células broadcast son enviados al DTE

<ds>

0 reporte del estado de situación no son ruteados al DTE

1 El reporte de situación es ruteado al DTE usando el código +CDS

<bfr>

0 el buffer de indicaciones es llevado al DTE cuando el <mode> 1 o 2 es ingresado

1 el buffer del adaptador de datos es reseteado cuando el <mode> 1 o 2 es ingresado

En la Tabla II.II se puede observar todos los comandos que son utilizados para trabajar con el servicio de mensajes cortos (SMS).

Tabla II.II Comandos AT para SMS

Comando	Descripción
AT+CSMS	Selecciona el servicio de mensajería
AT+CPMS	Almacenamiento de mensaje preferido
AT+CMGF	Formato del mensaje
AT+CSCA	Servicio del centro de direcciones
AT+CSMP	Establece parámetros del modo texto
AT+CSDH	Muestra parámetros del modo texto
AT+CSCB	Selecciona tipos de broadcast de mensajería
AT+CSAS	Guarda configuraciones
AT+CRES	Restaura configuraciones
AT+CNMI	Nueva indicación de mensajes al DT
AT+CMGL	Listado de mensajes
AT+CMGR	Lectura de mensajes
AT+CNMA	Nuevo reconocimiento hacia ME/TA
AT+CMGS	Envía el mensaje
AT+CMSS	Guarda el mensaje
AT+CMGW	Escribe el mensaje en la memoria
AT+CMGD	Borra el mensaje
AT+CMGC	Envía comando
AT+CMMS	Más mensajes para enviar
AT+CGSMS	Selecciona el servicio MO para mensajes cortos

CAPÍTULO III

MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado que ofrece las posibilidades de un pequeño computador. En el interior contiene un procesador, memoria, y varios periféricos.

3.1. Arquitectura de los Microcontroladores

La arquitectura Harvard que se observa en la Fig. III.01, consiste simplemente en un esquema en el que el CPU está conectado a dos memorias por intermedio de dos buses separados. Una de las memorias contiene solamente las instrucciones del programa, y es llamada Memoria de Programa. La otra memoria solo almacena los datos y es llamada Memoria de Datos. Ambos buses son totalmente independientes y pueden ser de distintos anchos.

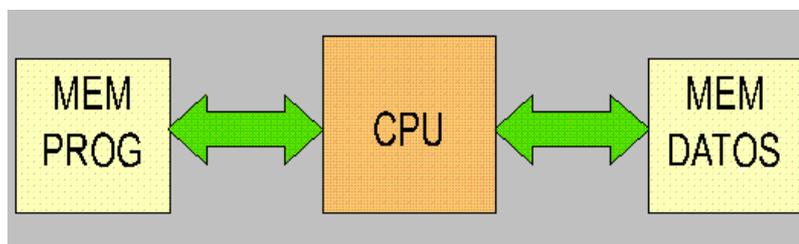


Fig. III.01. Arquitectura Harvard

Para un procesador de Set de Instrucciones Reducido, o RISC (Reduced Instrucción Set Computer), el set de instrucciones y el bus de la memoria de programa pueden diseñarse de manera tal que todas las instrucciones tengan una sola posición de memoria de programa de longitud. Además, como los buses son independientes, el CPU puede estar accediendo a los datos para completar la ejecución de una instrucción, y al mismo tiempo estar leyendo la próxima instrucción a ejecutar. Las principales ventajas de esta arquitectura son:

- Que el tamaño de las instrucciones no está relacionado con el de los datos, y por lo tanto puede ser optimizado para que cualquier instrucción ocupe una sola posición de memoria de programa, logrando así mayor velocidad y menor longitud de programa.
- Que el tiempo de acceso a las instrucciones puede superponerse con el de los datos, logrando una mayor velocidad de operación.

Una pequeña desventaja de los procesadores con arquitectura Harvard, es que deben poseer instrucciones especiales para acceder a tablas de valores constantes que pueda ser necesario incluir en los programas, ya que estas tablas se encontraran físicamente en la memoria de programa (por ejemplo en la EPROM de un microprocesador).

3.1.1. El procesador

Elemento principal del microcontrolador que determina las características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código de la instrucción en curso, su decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales.

CISC: Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones máquina en su repertorio, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución. Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros, es decir, que si se implementa con instrucciones básicas, sería una tarea tediosa.

RISC: Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están enlazándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el repertorio de instrucciones máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un ciclo. La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

SISC: En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es “específico”, o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

3.1.2. La Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.

Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

1. No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.
2. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea en la memoria ROM, sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado.

ROM con máscara. Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip. Si tenemos idea de cómo se fabrican los circuitos integrados, sabremos de donde viene el nombre.

OTP (One Time Programmable). El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura “programable una sola vez” por el usuario, quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde un PC.

EPROM. Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde un PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos.

EEPROM, E2PROM o E²PROM. Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory). Tanto la

programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de un PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie. Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan “grabadores en circuito” que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo.

FLASH. Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña. A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM. La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

3.1.3. Puertas de Entrada y Salida

Las puertas de Entrada y Salida (E/S) permiten comunicar al procesador con el mundo exterior, a través de interfaces, o con otros dispositivos. Estas puertas, también llamadas puertos, son la principal utilidad de las patillas de un microprocesador. Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

3.1.4. Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Esta señal del reloj es el motor del sistema y la que hace que el

programa y los contadores avancen.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C. Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía y de calor generado.

3.2. El PIC 16F628A

Es un microcontrolador CMOS FLASH de 8 bits de arquitectura RISC capaz de operar con frecuencias de reloj hasta de 20 MHz, fácil de programar y disponible en cápsulas DIP (Doble hilera de pines mostrado en la Fig. III.02) y SOIC (Montaje superficial en forma cuadrada) de 18 pines. Posee internamente un oscilador de 4 MHz y un circuito de Power-On Reset que eliminan la necesidad de componentes externos y expanden a 16 el número de pines que pueden ser utilizados como líneas I/O (entrada/salida; Input/ Output) de propósito general como se muestra en la Fig. III.2.

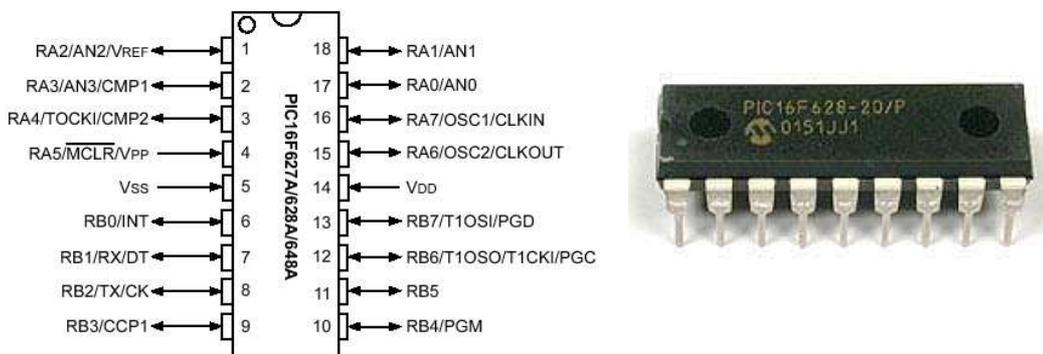


Fig. III.02. PIC 16F628A

Proporciona una memoria de datos EEPROM de 128x8 (128 Bytes), una memoria de programa FLASH de 2024x14 (2K con 14 bits por localidad), una memoria de datos RAM de propósito general de 224x8, un módulo CCP (captura/comparación/PWM), un USART, 3 comparadores análogos, una referencia de voltaje programable y tres temporizadores. Estas y otras características lo hacen ideal en aplicaciones automotrices, industriales, y de electrónica de consumo, así como en equipos e instrumentos programables de todo tipo. El datasheet de este PIC se adjunta en el Anexo VIII.

3.3. El PIC 16F676

Es un microcontrolador CMOS FLASH de 8 bits de arquitectura RISC CPU capaz de operar con frecuencias de reloj hasta de 20 MHz, fácil de programar y disponible en cápsulas DIP (Doble hilera de pines mostrado en la Fig. III.03), SOIC (Montaje superficial en forma cuadrada) y TSSOP. Posee internamente un oscilador de 4 MHz y un circuito de Power-On Reset que eliminan la necesidad de componentes externos y expanden a 14 el número de pines que pueden ser utilizados como líneas I/O (entrada/salida; Input/ Output) de propósito general.

Proporciona una memoria de datos EEPROM de 128x8 (128 Bytes), una memoria de programa FLASH de 1024x14 (2K con 14 bits por localidad), una memoria de datos SRAM de propósito general de 64x8, un módulo CCP (captura/comparación/PWM), un USART, 1 comparador análogo, una referencia de voltaje programable y un temporizador. El datasheet de este PIC se adjunta en el Anexo VIII.

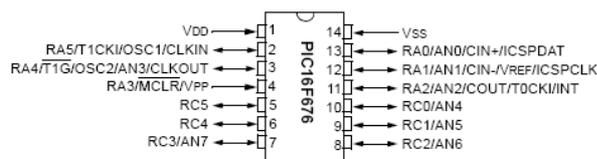


Fig. III.03. PIC 16F676

3.4. El PIC 12F675

Es un microcontrolador CMOS FLASH de 8 bits de arquitectura RISC CPU capaz de operar con frecuencias de reloj hasta de 20 MHz, fácil de programar y disponible en cápsulas DIP (Doble hilera de pines mostrado en la Fig. III.04), SOIC (Montaje superficial en forma cuadrada) y DFN-S. Posee internamente un oscilador de 4 MHz y un circuito de Power-On Reset que eliminan la necesidad de componentes externos y expanden a 8 el número de pines que pueden ser utilizados como líneas I/O (6 pines entrada/salida; Input/ Output) de propósito general.

Proporciona una memoria de datos EEPROM de 128x8 (128 Bytes), una memoria de programa FLASH de 1024x14 (2K con 14 bits por localidad), una memoria de datos SRAM de propósito general de 64x8, un módulo CCP (captura/comparación/PWM), un USART, 1 comparador analógico y 4 ADC, una referencia de voltaje programable y un temporizador. El datasheet de este PIC se adjunta en el Anexo VIII.

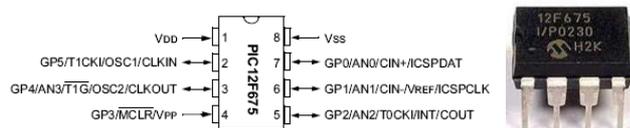


Fig. III.04. PIC 12F675

3.5. El Bus I2C

I2C (Inter-Integrated Circuit Bus), es un bus de comunicación serial sincrónica desarrollado por Phillips Semiconductores a principios de los años 80's, con la principal intención de interconectar una cierta cantidad de dispositivos en sus equipos de radio y TV. Su uso se ha masificado y las aplicaciones en las cuales los circuitos integrados I2C son utilizados han crecido, hasta convertirlo en uno de los más populares estándares al momento de efectuar

comunicaciones dentro de una placa de circuito impreso.

3.5.1. Características Básicas del Bus I2C

Se utilizan dos líneas de comunicaciones, una para los datos llamada SDA y otra para el reloj (SCL).

Cada dispositivo que se conecta al bus es direccionable por software, a través de una única e irrepetible dirección dentro del bus. La misma es determinada a través de una combinación de Hardware/Software, donde el fabricante define los bits más significativos.

Los bits de menor peso son alambrados en la placa que soporta al componente. Este medio de direccionamiento limita el número de dispositivos del mismo tipo que pueden coexistir dentro del bus, ya que, típicamente sólo 2 ó 3 bits de la dirección son configurables por el usuario, pudiendo encontrarse hasta 4 u 8 dispositivos idénticos.

I2C es un bus multi-master y aún cuando ésta característica es poco utilizada, se define un mecanismo para la detección de las colisiones y arbitraje, que busca prevenir la pérdida de información si dos o más maestros inician comunicaciones de manera simultánea.

Las transferencias de información se realizan a través de paquetes de 8 bits, bidireccionales y pueden ser efectuadas a tres velocidades o modos: el modo normal (Standard) a unos 100 kbit/s (definición original), a 400 kbit/s (implementado a partir de la versión 1.1 del año 1992) en el modo rápido (Fast) o a 3.4 Mbit/s en el modo de alta velocidad (High-speed, disponible desde la versión 2.0 del año 1998).

El número de dispositivos que pueden ser conectados al bus I2C, está limitado por la capacitancia que estos representen al mismo, a un máximo de 400 pF. Esta limitación, fue establecida a fin de permitir tiempos correctos de subida y bajada para las señales de reloj y

datos.

En un bus I2C, se conectan dispositivos con tecnologías diferentes de fabricación (CMOS, NMOS, TTL entre otros) así que los niveles lógicos 1 y 0 de los bits transferidos no tienen una tensión fija, sino que dependen de la tensión V_{dd} de alimentación del bus.

Entre los dispositivos I2C disponibles en el mercado se encuentran:

- Memorias EEPROM y RAM.
- Expansores de Entradas/Salidas.
- Sensores de temperatura.
- Multiplexores direccionales y switches.
- Relojes de tiempo real/calendarios.
- Conversores A/D y D/A.
- Manejadores de LCD y LED's.
- Controladores de bus, Expansores.
- Concentradores y repetidores.

3.5.2. Funcionamiento del Bus I2C

Las líneas SDA y SCL son bidireccionales y se encuentran conectadas a una fuente de alimentación positiva por medio de resistencias de pull-up como se puede observar en la conexión mostrada en la Fig. III.05.

Si ambas líneas SDA y SCL se encuentran en estado alto, se considera que el bus está libre o condición de bus free. El cambio de estado de la línea de datos, sólo es permitido durante el período bajo de la señal de reloj y ésta deberá estar estable cuando SCL se encuentre en alto, pues en este momento será leído el dato colocado en el bus.

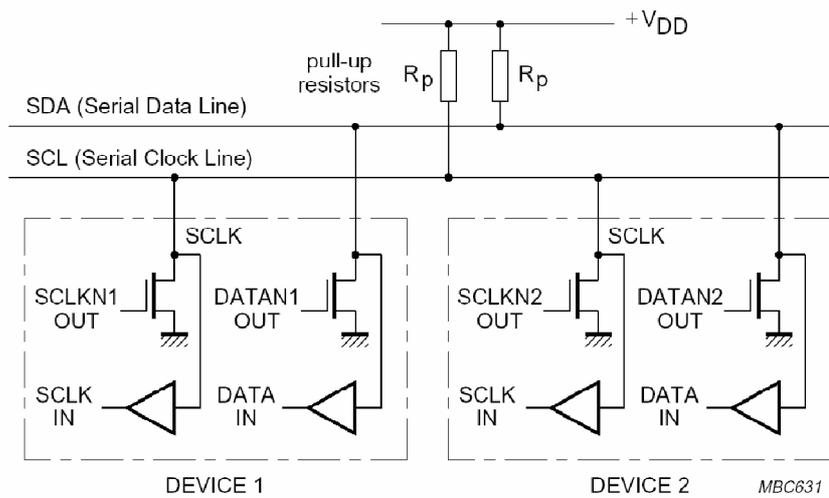


Fig. III.05. Resistencias Pull Up

La generación de los pulsos de reloj es siempre responsabilidad del maestro que controle el bus. El maestro comienza y termina todas las transferencias de datos, para ello hace uso de dos condiciones especiales denominadas Inicio y Parada (START y STOP) que pueden ser generadas únicamente por él, esta representación se la observa en la Fig. III.06.

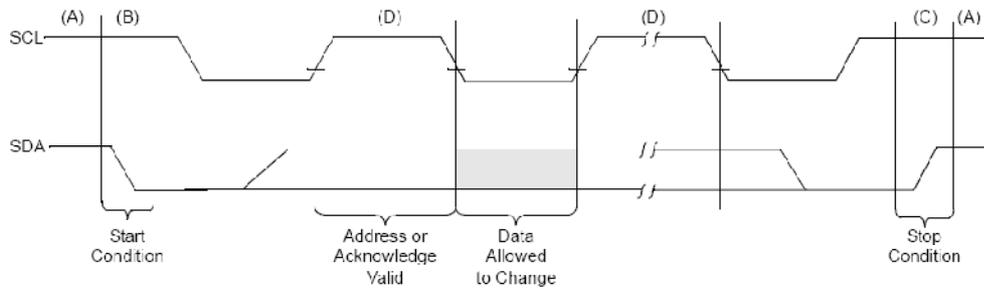


Fig. III.06. Condiciones de Inicio y Parada del bus I2C.

Una transición de 1 a 0 (un flanco de bajada) en la línea SDA mientras SCL se mantiene en alto determina la condición de Inicio; una vez que ocurre esta condición, el bus se considera ocupado (BUSY). Una transición de 0 a 1 (un flanco de subida) en la línea SDA mientras SCL se mantiene en alto, determina la condición de Parada, transcurrido un tiempo luego de ocurrir esta condición, el bus se considera libre (free).

Formato del Byte

Todos los bytes de información colocados sobre la línea SDA deben constar de 8 bits, el número máximo de bytes que pueden ser enviados en una transmisión no está restringido, siendo el esclavo quien fija esta cantidad de acuerdo a sus características. El envío de los bits se efectúa siempre desde el MSB hacia el LSB.

Aún cuando el maestro siempre controla el estado de la línea del reloj, un esclavo de baja velocidad o que deba detener la transferencia de datos mientras efectúa otra función, puede forzar la línea SCL a nivel bajo. Esto hace que el maestro entre en un estado de espera, durante el cual, no transmite información esperando a que el esclavo esté listo para continuar la transferencia en el punto donde había sido detenida.

El forzar a SCL a estado bajo no infringe ningún daño al maestro, ya que, los terminales de los dispositivos conectados al bus deben ser de tipo "open collector u open drain".

Reconocimiento

Luego de transmitirse cada byte, es obligatoria la generación de un bit adicional de reconocimiento (ACK) que indica al dispositivo maestro que el esclavo ha recibido el byte. Luego de enviar los ocho bits de datos y sus correspondientes pulsos de reloj, el maestro (transmisor) debe dejar el terminal SDA en alta impedancia (con lo cual asumirá un estado lógico alto). En este momento y antes de que ocurra el próximo pulso de reloj, el esclavo debe forzar la línea SDA a nivel bajo, así que, cuando el maestro genere el pulso en SCL correspondiente al bit de reconocimiento, la línea SDA se encuentra en "0" indicando la recepción del byte. Cuando el esclavo no puede generar el bit de reconocimiento (SDA permanece en estado alto cuando se produce el noveno pulso), el maestro deberá detener la transferencia (generando una condición de STOP) o producir una condición de START repetida

para comenzar una nueva transferencia. Cuando el maestro se encuentra recibiendo datos provenientes de un esclavo, será él quien deba generar el bit de reconocimiento y le indicará al esclavo si debe o no dejar de enviar bytes, al colocar a SDA en estado bajo o alto según sea el caso.

Direccionamiento

En un bus I2C, los dispositivos se identifican por medio de una dirección única que forma parte de un byte de control enviado por el dispositivo maestro al iniciar la comunicación. La definición inicial del I2C preveía la existencia de siete (07) bits para direccionar al esclavo, permitiendo conectar hasta 128 dispositivos. Las memorias de la serie 24LCXXX utilizan este tipo de direccionamiento (ver Fig. III.07). A partir de la versión 1.0 del año 1992 existe un formato de direccionamiento de 10 bits (ver Fig. III.08) con lo cual se ha incrementado significativamente el número de dispositivos que pueden conectarse al bus.



Fig. III.07. Direccionamiento de dispositivo I2C con dirección de 7 bits.

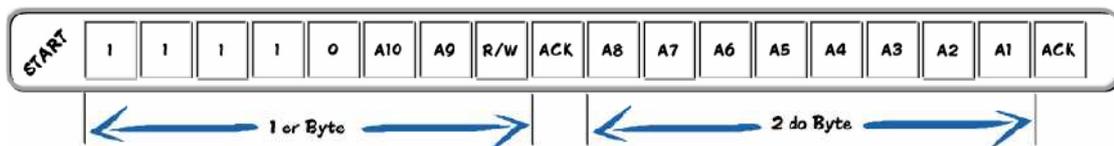


Fig. III.08. Direccionamiento de dispositivo I2C con dirección de 10 bits.

Una vez que el maestro genera la condición de inicio, el primer grupo de ocho bits enviado es el byte de control o de direccionamiento. Los siete primeros bits definen la dirección del esclavo con el que se desea establecer la comunicación, mientras que el octavo bit indica el

sentido de la misma. Este bit (llamado R/W) define si la operación a efectuar es una lectura (cuando es 1) o una escritura (si vale 0). Cuando una dirección es enviada, cada esclavo del bus la recibe y la compara con su dirección de identificación, si ambas coinciden el esclavo se considera direccionado como un esclavo-transmisor o como esclavo-receptor dependiendo del bit R/W.

3.5.3. Dispositivos controlados por el bus I2C

Memoria 24LC256

La memoria 24LC256 mostrada en la Fig. III.09 fabricada por Microchip tiene una capacidad de almacenamiento de 256Kbits (32 Kbytes). Sobre el mismo bus pueden conectarse hasta ocho (08) memorias 24LC256, permitiendo alcanzar una capacidad de almacenamiento máxima de 256 Kbytes.

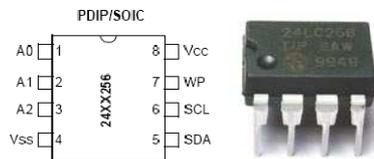


Fig. III.09. DIP 8 Pines 24LC256

Como en todas las memorias de la familia 24XXXXX, la dirección de identificación o byte de control comienza con 1010. Seguidamente, tres bits llamados A2, A1 y A0 permiten seleccionar una de las ocho posibles memorias conectadas en el bus.

Reloj de Tiempo Real DS1307

Este dispositivo de la Fig. III.10 de baja potencia opera como un elemento esclavo mediante el bus serial I2C. El acceso se lo realiza mediante la implementación de la condición de START, seguido por el código de identificación del dispositivo y la dirección de almacenamiento de los

datos. Una vez realizada la operación de lectura o escritura en el dispositivo, este finaliza con la ejecución de la condición de STOP.

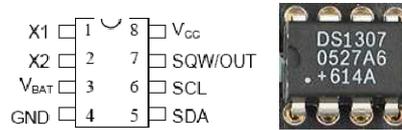


Fig. III.10. DIP 8 pines DS1307

La hora y la información del calendario es obtenida mediante una lectura en bytes del registro correspondiente como se observa en la Fig. III.11 que deben ser previamente inicializados, datos que se encuentran expresados en el formato BCD.

	BIT7							BIT0
00H	CH	10 SECONDS		SECONDS				00-59
	0	10 MINUTES		MINUTES				00-59
	0	12 24	10 HR A/P	10 HR	HOURS			01-12 00-23
	0	0	0	0	0	DAY		1-7
	0	0	10 DATE		DATE			01-28/29 01-30 01-31
	0	0	0	10 MONTH	MONTH			01-12
	10 YEAR		YEAR					00-99
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0

Fig. III.11. Registros del RCT

3.6. RFPICS

MICROCHIP ha desarrollado unas familias de microcontroladores con un anexo, que es una unidad transmisora de ASK o FSK. En total MICROCHIP ha lanzado al mercado 5 microcontroladores para este propósito los cuales se muestran en la Tabla III.I.

Todos los rfPICS trabajan con una familia de microcontroladores base, el 12CXXX. Los cuales son unos microcontroladores de rango básico o medio (dependiendo del modelo) que ofrecen una sencilla programación.

Tabla III.I. Familia de rfPIC

Dispositivo	Función	Frecuencia en MHz	Modulación
rfPIC12C509AF	Transmisor	310-480	ASK, FSK
rfPIC12C509AG	Transmisor	310-480	ASK
rfPIC12F675F	Transmisor	380-450	ASK, FSK
rfPIC12F675H	Transmisor	850-930	ASK, FSK
rfPIC12F675K	Transmisor	290-350	ASK, FSK

Esta tesis, se ha enfocado a los rfPIC12F675K. Para el correcto estudio de operación y análisis de esta tecnología y además poder hacer algunas demostraciones de la misma, se ha optado por adquirir un kit de desarrollo de MICROCHIP que trabaja en base de rfPICS, el cual se divide en módulos de transmisión y recepción. Los módulos de transmisión cuentan con el rfPIC12F675K como núcleo de proceso, por lo que los programas de transmisión están especialmente diseñados para este microcontrolador.

3.6.1. El Microcontrolador rfPIC12F675-(K,F,H)

Este es un microcontrolador que utiliza un procesador RISC de alto rendimiento, cuenta con una gama de juego de 35 instrucciones, haciéndolo de rango medio y por lo tanto con más capacidad. Este es un rfPIC que tiene un encapsulado SSOP de 20 pines (Fig. III.12), no está disponible en encapsulado DIP.

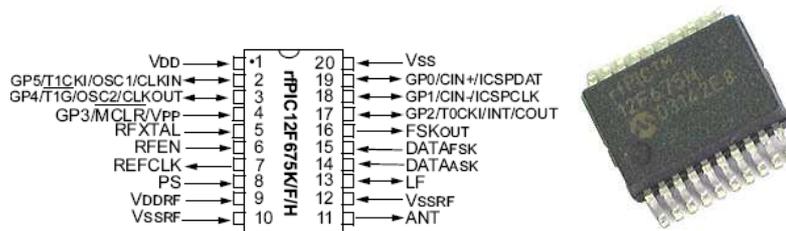


Fig. III.12. rfPIC12F675K

Las especificaciones de este rfPIC son:

- Posee 2 *timers* , el *timer* 0 de 8 bits y el *timer* 1 de 16 bits.
- Tasa de transmisión de 0-40 Kbps tanto en FSK como en ASK.
- 35 instrucciones de un solo ciclo a excepción de las instrucciones *Branches*.
- Un puerto general con direccionamiento individual de entrada-salida (GPIO).
- Tecnología de programación en circuito.
- Manejo de interrupciones, por lo tanto si tiene registro INTCON.
- Oscilador interno de precisión de 4 MHz.
- Palabra de instrucción de 14 bits.
- Memoria de programa Flash de 1024 x 14 palabras
- Memoria de datos EEPROM de 128x8 bytes
- Memoria de datos SRAM de 64x8 bits
- Comparador analógico de 6 niveles de referencia interna
- Opera con voltaje de 2,0 a 5,5 v
- Potencia de salida desde +10 dB a -12 dB ajustable en cinco pasos

Existen 3 modelos de esta familia, dependiendo del modelo es el rango de frecuencia a la que trabajan, este rango de frecuencias se muestran en la Tabla III.II.

Este microcontrolador tiene 8 niveles de pila con direccionamiento de 13 bits (ver Fig. III.13) y

además de que cuenta con 2 bancos de direccionamiento (ver Fig. III.14).

Tabla III.II. Dispositivos rfPIC16F675X

DISPOSITIVO	FRECUENCIA	MODULACIÓN
rfPIC12F675K	290-350 MHz	ASK/FSK
rfPIC12F675F	380-450 MHz	ASK/FSK
rfPIC12F675H	850-930 MHz	ASK/FSK

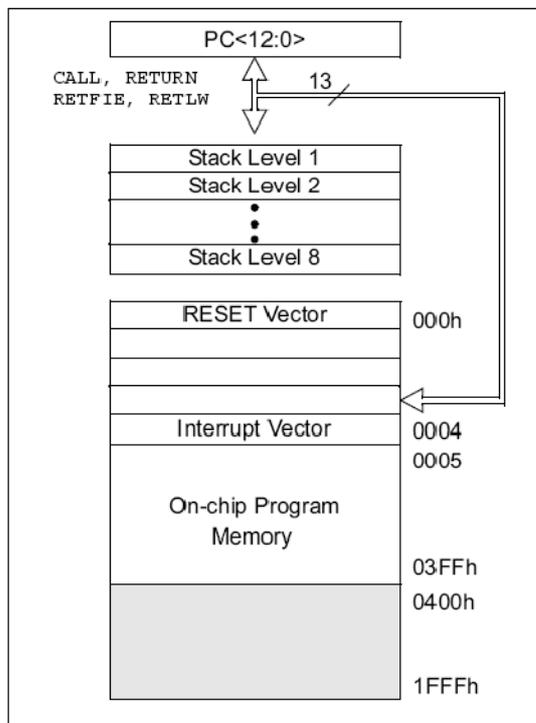


Fig. III.13. Niveles de Pila o stack.

Los registros de función general (FSR) están situados en las primeras 32 localidades. Los registros localizados de 20h a 5Fh son registros de propósito general.

3.6.1.1. Arquitectura del rfPIC12F675K

En la Anexo I se puede ver la arquitectura interna del rfPIC que muestra el núcleo de procesamiento y la unidad de transmisión independiente.

Unidad de transmisión.

La unidad de transmisión (ver Fig. III.15) es de simple arquitectura, para trabajar sólo es necesario poner la entrada de reloj, el dato a transmitir en forma serial y una conexión a una antena de lazo (*loop*).

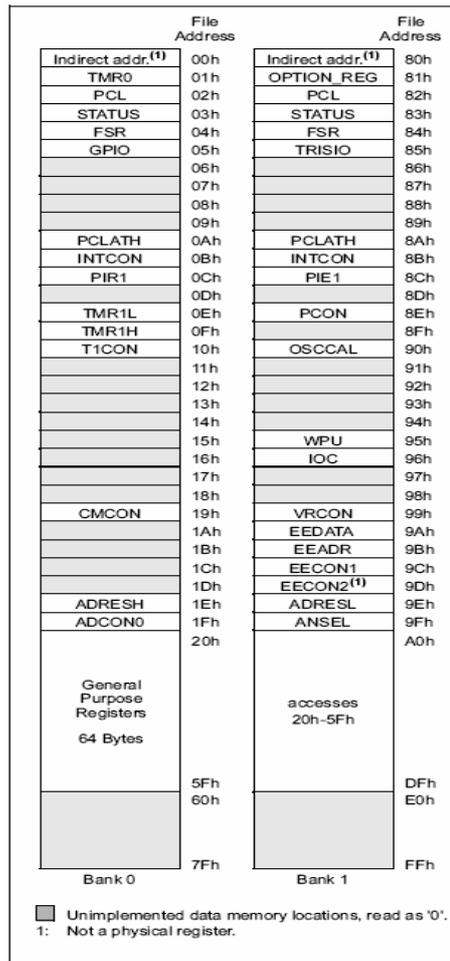


Fig. III.14. Organización de los bancos.

El dato que entre al pin *DATAask* o *DATAfsk* (dependiendo del tipo de modulación con la que se esté trabajando), saldrá automáticamente en forma de ondas de radio frecuencia.

Los diagramas esquemáticos necesarios para llevar a cabo una transmisión con el rFPIC12F675K, en ASK y posteriormente en FSK se puede ver en el Anexo II.

Como se puede ver, tanto la implementación para FSK como la de ASK son muy parecidas entre sí, existiendo un común denominador: las dos son muy sencillas de implementar ya con los materiales específicos en las manos.

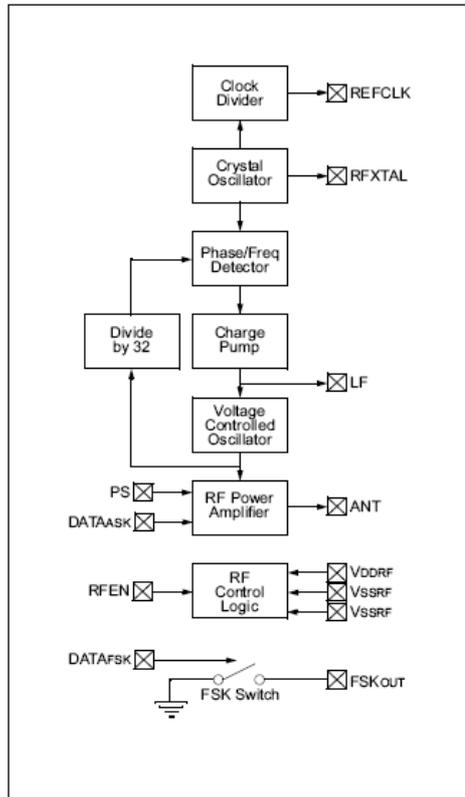


Fig. III.15. Unidad de transmisión del rfPIC12F675K.

3.6.1.2. Características de transmisión

El ancho de banda del transmisor es aproximadamente el mismo que la portadora, en este caso, si la portadora es 315 MHz, puede decirse que el ancho de banda es también 315 MHz, por lo que el ancho de banda de los transmisores rfPICS son dos: 315Mhz y 434Mhz dependiendo del cristal que se use.

La salida del transmisor puede ser ajustada en cinco pasos discretos de +9 dBm a -70 dBm, esto se da variando el voltaje en el pin PS como se observa en la Fig. III.16.

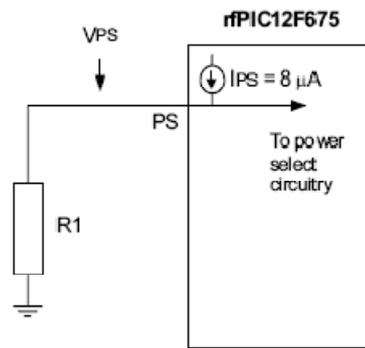


Fig. III.16. Ajuste de la potencia de salida

La fórmula para calcular los dBms:

$$dBm = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{1mW} \right)$$

Con un simple despeje de esta ecuación, se puede calcular la potencia de transmisión que depende de los dBms.

$$P = (1mW) (10)^{\frac{dBm}{10}}$$

El poder de salida del transmisor y sus respectivas potencias son datos que se pueden calcular, los resultados se pueden ver en la Tabla III.III.

Tabla III.III. Potencia de Salida del Transmisor

Salida en dBms	Potencia de Transmisión
+9	0,007975 W
+2	0,001585 W
-4	0,000398 W
-12	0,00063 W
-70	0,0000000001 W

3.6.1.3. Aplicaciones

- Automatización de sistemas de alarma

- Automatización de sistemas de códigos de acceso remoto
- Porteros eléctricos en garaje y residencias
- Toma de lecturas de precisión
- Sensores inalámbricos

3.6.2. Módulo rFXD0420 y rFXD0920

Son Módulos especiales lanzados por MICROCHIP para la recepción de datos transmitidos por alguno de sus rFPICS. El encapsulado de la unidad receptora rFXD0420 es único (ver Fig. III.17), por el momento no hay otros encapsulados disponibles a la venta.



Fig. III.17. Encapsulado del rFXD0420.

La diferencia que existe entre estos módulos son los rangos de frecuencias a la que pueden recibir los datos, la tabla III.IV muestra los dispositivos y las frecuencias a las que operan.

Tabla III.IV. Rango de frecuencias a las que operan.

Dispositivo	Rango de frecuencia
rFXD0420	300 MHz a 450 MHz
rFXD0920	800 MHz a 930 MHz

En este proyecto se utilizó el rFXD0420, puesto que la frecuencias de los rFPICS de transmisión pueden trabajar a frecuencias de 433.92MHz y 315 MHz dependiendo de qué frecuencia sea la más apropiada para el usuario, éste módulo cubre ambas frecuencias de transmisión.

El módulo rFRXD0420 dedicado a la recepción, es un dispositivo no programable que recibe la señal, la procesa y la envía a un microcontrolador externo para la interpretación de la información. El diagrama de pines de este dispositivo es el mostrado en la Fig. III.18.

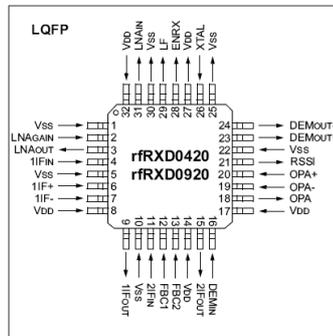


Fig. III.18. Diagrama de pines del rFRXD0420

3.6.2.1. Arquitectura del rFRXD0420

El rFRXD0420 es un convertidor simple con arquitectura super-heterodina, el cual consta de:

- Un amplificador de bajo ruido (LNA) con ganancia seleccionable.
- Un *mixer* para una conversión de radio frecuencias bajas a una frecuencia intermedia (IF) seguido por un pre-amplificador de IF.
- Un *phase-locked loop* (PLL) integrado, es decir, un sintetizador de frecuencia para generar una oscilación local.
- El sintetizador de frecuencia consiste en :
 1. Un oscilador de cristal.
 2. Un detector de fase.
 3. Un controlador de voltajes de alta frecuencia (VCO).
 4. Un divisor entre 16 para el rFRXD0420 y entre 32 para el rFRXD0920.
- Un generador RSSI (*Received Signal Strength Indication*).
- Un demodulador llamado DEMOD que consiste en:

1. Un detector de fase (MIXER2), con un amplificador, creando un detector de cuadratura para remodular la señal IF.

En el Anexo III se muestra la arquitectura interna del la unidad receptora, como se puede observar, esta consta de amplificadores de bajo ruido, mezcladores y la etapas de comparación de la señal.

Dependiendo de la frecuencia a la que va a hacer la recepción debe ser elegido un cristal para igualar a la frecuencia de transmisión. En la Tabla III.V se muestran los valores de los cristales.

Tabla III.V. Frecuencia de Cristales

Frecuencia de recepción	Frecuencia del cristal
315 MHz	20.35625 MHz
433.92	MHz 26.45125 MHz

3.6.2.2. Unidad de recepción

En el Anexo IV se presenta el diagrama esquemático del módulo receptor con los elementos necesarios para la recepción ASK, esta consta de varios capacitores de acoplamiento de voltajes y otros para evitar corrientes parásitas que afecten el sistema de recepción. Se puede colocar un capacitor de corte en el cristal del módulo de recepción para reforzar la frecuencia.

Se necesita de componentes externos para el *PLL loop filter* que se conectan a la entrada LF (pin 29) para controlar el comportamiento dinámico del PLL, éste está integrado por los capacitores C10, C11 y R3.

También se requiere de un amplificador de bajo ruido, LNA (*low noise amplifier*). El cual se crea a partir del un circuito que va conectado a LNAout (pin 3) y a 1IFin (pin 4) y está integrado por los capacitores C15, C17, C18 y además por el inductor L3.

El dispositivo que aparece marcado como F2 en el esquemático es un filtro cerámico de frecuencias intermedias de 10.7 MHz.

Además se requiere de un filtro SAW (surface acoustic wave) el cual va entre la antena y la entrada al módulo receptor LNAin (pin 31) el cual actúa como un pre-selector impidiendo el paso de señales indeseadas y eliminando el ruido entrante al receptor.

Como se puede apreciar la arquitectura interna no es complicada y además requiere de pocos componentes externos, haciendo de fácil y barata implementación para llevar a cabo un sistema de recepción.

Lo primero que necesita es una antena, por la que el dato en ASK o en FSK llega al circuito, algunos capacitores de acoplamiento, un cristal para generar la frecuencia a la cual va a trabajar.

Una vez que llega la señal al rRXD0420 y es demodulada, se envía a un microcontrolador de propósito general para hacer el tratamiento del dato enviado, ya sea para compararla o para procesarlo.

Recepción en ASK.

Para la recepción en esta modulación se utiliza el amplificador IF con el RSSI como un detector de ASK, el RSSI es un filtro detector que compara la señal de entrada con un voltaje de referencia para determinar si es un cero o un uno lógico. RSSI al ser un filtro pasa bajo nos ayuda a eliminar las altas frecuencias y ruido, ayudando al proceso de toma de decisión del comparador.

Como se mencionó, existe un comparador el cual toma la decisión si es un uno o cero lógico, para esta comparación requiere de un voltaje de referencia, el cual puede ser dinámico o

estático, la selección de este nivel de referencia se hace dependiendo de la señal de entrada, si es uniforme o no en cuanto a los unos y ceros que estén llegando, por ejemplo, si son muy desiguales los unos y ceros que llegan, se usa un voltaje de referencia estático, pero se pierde sensibilidad, puesto que hace que la respuesta de conversión sea más lenta. Por otra parte, si están en proporción los unos y ceros que llegan, se puede usar el voltaje de referencia dinámico, dando mayor sensibilidad al receptor y por lo tanto una respuesta más eficiente.

Este voltaje dinámico se crea en base a un filtro pasa bajas antes de la etapa de comparador, se puede ver que este filtro está compuesto por el capacitor C2 y la resistencia R1. La salida de este filtro está conectada al pin OPA- (19) que es la entrada de un amplificador operacional que hace la función de comparador. En el pin OPA+ (20) se conecta la señal RSSI que es la otra componente para hacer la comparación.

El voltaje estático se crea en base a un divisor de voltaje antes del amplificador operacional. Se puede observar las dos señales que entran al OPAM antes de la comparación. Cada que hay un pulso positivo en la señal RSSI y en la señal del voltaje de referencia existe el voltaje pico negativo, se va a traducir como un uno lógico en la salida del amplificador operacional, de otra forma, cuando la señal RSSI está en bajo y existe un voltaje pico positivo, esta va a dar como resultado un cero lógico, creando el RXDATA.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE DEL PROTOTIPO

El desarrollo de la Tesis tiene como base el estudio del sistema de transporte urbano y el análisis de todos los dispositivos electrónicos que se usa para la implementación.

4.1. Sistema de Transporte Urbano

En la actualidad existen cientos de cooperativas de transporte urbano que utilizan el mismo sistema tradicional para llevar su registro de control diario por recorrido de la siguiente manera basándose en las siguientes especificaciones:

- Generación de horario
- Unidad en recorrido
- Registro de hora
- Control de tiempo

Un ente es el encargado de generar los horarios de recorrido para todas las unidades en que se especifica el destino y la hora de salida, siendo ya constantes los tiempos de registro en los puntos de control.

La unidad en recorrido debe realizar su recorrido tomando en cuenta su hora de salida y la hora en que debe pasar por cada uno de los puntos de control para que no existan atrasos ni multas.

El registro es realizado por el controlador de la unidad que lleva una hoja de control diario en la que tiene registrado su hora de salida y las horas en las que pasa por cada uno de los puntos. La marcación establece un reloj electromecánico (ver Fig. IV.01) en la hoja de control que al ser presionado imprime la hora en curso.



Fig. IV.01. *Reloj electromecánico*

El control es el último paso a seguir en el recorrido que es realizado en algunas ocasiones por un ente administrativo y en otras por empleado ubicado en cada punto de control el mismo que se encarga de revisar las tarjetas de las unidades y establecer una multa por retraso o falta del recorrido. En algunos casos se realiza este proceso por recorrido, por día, por semana o por mes.

Cabe aclarar que todo el proceso se lo realiza de forma manual y rudimentaria y que al menos se necesita que intervengan unas cuatro personas en el control de un recorrido.

4.1.1. Inconvenientes del sistema de registro manual de recorrido

De todo proceso que es realizado en forma manual abre las posibilidades a que se cometan inconvenientes en la realización de este proceso y entre ellos están:

La generación de horario de forma manual es un proceso extenso.

La forma de marcar tarjeta que ocasiona que se realicen carreras de los controladores en ocasiones por más de cuatro cuadras exponiendo así la integración personal y de terceras personas como se muestra en la Fig. IV.02.



Fig. IV.02. Controladores apurados para marcar tarjeta

La impresión de la hora en algunos relojes electromecánicos es un poco borrosa por lo que puede provocar errores de visualización de datos que a la final no pueden ser confirmados.

Y por último el control de atrasos de recorridos en algunos casos no es el justo para todas las unidades puesto que se puede dar casos de sobornos a los asistentes de control quedando en total desacuerdo e inconformidad con todo este proceso las personas perjudicadas.

4.1.2. Solución al problema de registro manual de recorrido

Aprovechando la evolución de las nuevas tecnologías tanto en dispositivos de diseño electrónico y diversos sistemas de comunicación se ha optado por los siguientes en base al siguiente esquema:

Para realizar la identificación de la unidad y el registro de hora y fecha se hace uso de la tecnología rfpic, que permite generar datos de información y al mismo tiempo transmitirlos haciendo uso de una comunicación rf instantánea de una aceptable cobertura teniendo este un bajo costo y abierto a configuración de seguridad y codificación en base a programación.

Para la transmisión de datos desde los puntos de control hacia la oficina central se hace uso del servicio de SMS que brinda al usuario la transmisión de datos de más de 250 caracteres dependiendo de la operadora en la que se trabaje con un rango aceptable de confiabilidad y seguridad en la transmisión, además su costo en algunas operadoras es de un centavo de dólar con una infraestructura de cobertura a nivel nacional que permite que la oficina central se establezca en cualquier lugar de cobertura.

Para la visualización de datos se utiliza un software con entorno visual que presente reportes y resultados.

Generando como una solución aceptable al desarrollo e implementación del prototipo de la TESIS INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL APLICADO AL CONTROL DE RUTA EN UNA UNIDAD DE TRANSPORTE URBANO.

Ahora, el prototipo que se implementó es el más adecuado porque sobresale en lo referente a costos, facilidades de instalación y movilidad entre otros que no son tan factibles como por ejemplo:

Marcación de hora de una Unidad en Punto de Control

Dentro de las posibilidades que se pueden implementar están:

Tecnología Infrarroja.- Poca cobertura de enlace con la necesidad de que sus puntos de comunicación tengan línea de vista y sin obstáculos, además de la necesidad de microcontroladores para la generación de datos a ser transmitidos y receptados.

Utilización de tarjetas electrónicas.- Que a pesar que se puede usar como un registro automático se limita en su uso por volver al proceso de registro antiguo.

En si es necesario un dispositivo que genere la información y otro que lo transmita y reciba.

Control del registro de hora

Monitoreo en base a una red cableada.- Que involucraría a más de los dispositivos de adquisición de datos y monitoreo, el sistema cableado que interconectaría los puntos de control. Esto implica tener una red privada Ethernet y el costo de implementación sería muy costoso.

Monitoreo con conexión a internet.- Al igual que el anterior que a más de los dispositivos de monitoreo se necesita un sistema de comunicación hacia la internet y a expensas de que por contrato de una línea dedicada para el envío de datos, éste tendría sus inconvenientes al momento de ser expuesto a hackers que tratan de violar la seguridad de sitios y en especial los de empresas privadas.

Monitoreo en base a un sistema de comunicación de radio.- Este sistema sería una buena opción pero es necesario una infraestructura de características costosas como equipos de comunicación de preferencia digital por seguridad y equipos de transmisión de alta ganancia

que implicaría la contratación de una frecuencia específica y de antenas de características considerables que en relación a costos e instalación no son factibles para nuestro prototipo.

4.2. Visión general del prototipo

El sistema prototipo se desarrolla en base a tres módulos de comunicación: Módulo Identificador (MI), Módulo Punto de Control (MPC) y Módulo Central (MC), que mediante el uso de la tecnología rfPIC y diversos sistemas de comunicación que permitirán la comunicación de datos de una forma adecuada. El prototipo general se presenta en la Fig. IV.03 (a, b).

El prototipo debe cumplir diferentes especificaciones de desarrollo las cuales se describen en el análisis de los módulos en las siguientes secciones.

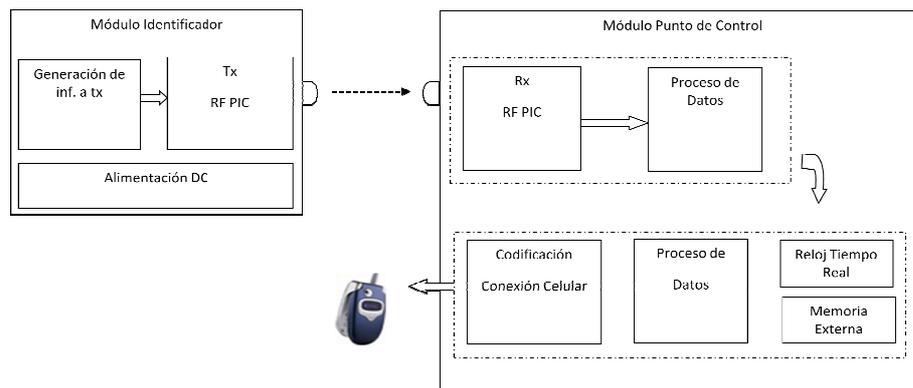


Fig. IV.03.a. Enlace modulo identificador y modulo punto de control

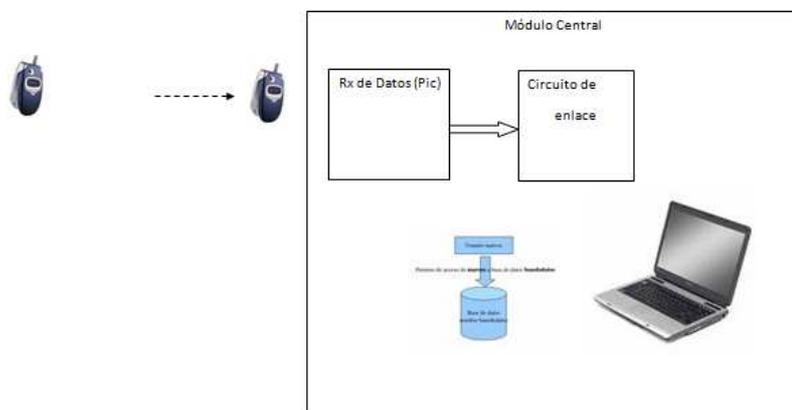


Fig. IV.03.b. Enlace al módulo central

4.3. Desarrollo del Prototipo

Cada uno de los módulos que pertenecen al prototipo se desarrolla en base al análisis y diseño de los mismos, criterios que se explica en las siguientes secciones de este capítulo.

4.3.1. Análisis del MI

La función principal de este módulo es poder identificar independientemente a la unidad de transporte urbano portando los datos de identificación, de seguridad y control, los mismos que han de ser transmitidos al módulo Punto de Control mediante el uso de un estándar comunicación. Este proceso es realizado con el uso del Kit de transmisión que usa el rFPIC12F675K, estableciendo dentro de este la programación en lenguaje de bajo nivel basado en el ejemplo adjunto a este kit llamado rfXMIT.hex.

Este módulo además debe cumplir con las especificaciones básicas de comunicación:

- Estándar de comunicación
- Generación de Preámbulo, cabecera y fin de trama
- Paquete de datos a ser transmitidos
- Codificación de datos
- Transmisión de datos

4.3.1.1. Estándar de comunicación

El estándar se diseña en base a los principios básicos de comunicación digital, establece que la comunicación sea de tipo simplex partiendo desde el MI hacia el MPC, la información a ser transmitida formará una trama generada por MI que contiene los siguientes campos: preámbulo, cabecera, datos y fin de trama, como se muestra en la Fig. IV.04.

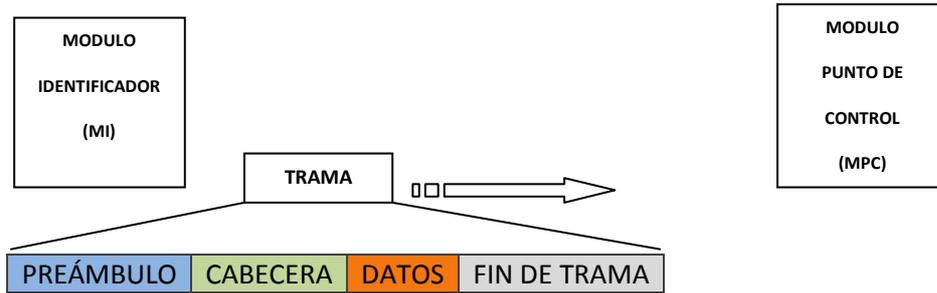


Fig. IV.04. Trama de transmisión

4.3.1.2. Generación de Preámbulo, Cabecera y fin de trama

Preámbulo.- Este segmento de la trama es específico para la sincronización de los equipos de comunicación. Consta de 16 pulsos de unos y ceros en un tiempo de 12,992 ms.

Cabecera.- Es un tiempo con nivel de cero Lógico que dura 4,060 ms

Fin de trama.- Es un tiempo en nivel cero de 18,76 ms

4.3.1.3. Paquete de datos a ser transmitidos

La longitud del paquete de datos es de 4 bytes, cada byte codificado en binario de 8 bits se utilizada para especificar los siguientes datos de información: primer byte, Datos de validación; segundo byte, Número de unidad; tercer byte, Cooperativa y cuarto byte, Control o futuros usos, datos que pueden ser expresados como lo indica el siguiente ejemplo:

Ejemplo: La Unida de transporte No. 16 de la Cooperativa de Transporte Urbano Puruha con un código de validación No 80 tendrá especificado la siguiente información en binario de dígito en dígito.

Código de validación	10000000
No. Unidad 16	00010000

Cooperativa Puruha 00000001

De esta manera se puede tener un rango de unidades para un Cooperativa de transporte urbano.

Número de unidades = $2^{n-1} = 255$

El código que se implementa en el módulo, en especial para identificar a la Cooperativa y el código de validación depende de asignación específica del usuario.

4.3.1.4. Codificación y transmisión de datos

Codificación de Bits

La transmisión tiene un nivel de seguridad mediante la codificación de bits para los datos que se envía, de esta manera se evita cualquier tipo de decodificación directa de la información.

La codificación que se usa es la que se muestra en la Fig. IV.05.

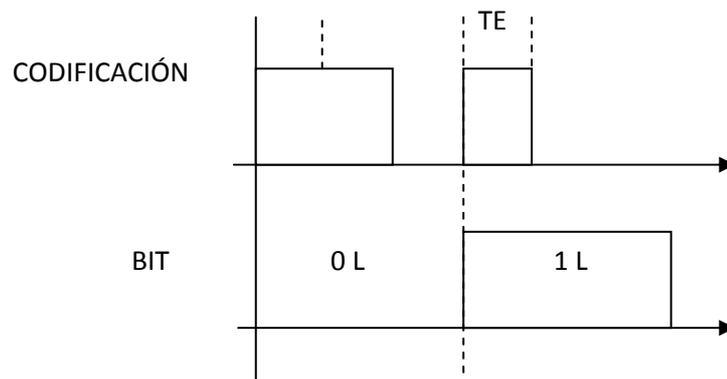


Fig. IV.05. Codificación de Bits

El valor de un tiempo de espera TE es de 406 us. De esta manera la representación de un uno y un cero lógico tiene 3 tiempos de espera, cada una con su respectiva combinación como se apreció en la Fig. IV.05.

Transmisión de datos

Anteriormente se mencionó que el transmisor se basa en el kit de transmisión de los módulos de rfPICs para lo cual se realiza la programación del dispositivo rfPIC12F67K, que utiliza la interrupción del puerto GP3 para empezar con la generación de la trama y su posterior transmisión en forma serial con una modulación ASK a 315MHz. Los datos a transmitidos salen por el pin RA2 e ingresan al pin DATAASK para ser modulados y su posterior salida en el pin ANT del dispositivo.

4.3.2. Implementación del MI

El MI se basa exclusivamente por el módulo de transmisión para el dispositivo rfPIC12F675K proporcionado por la propia empresa fabricante MICROCHIP que se observa en la Fig. IV.06 y en la implementación requiere de la programación de este dispositivo de acorde a las especificaciones realizadas en el apartado de análisis.



Fig. IV.06. Módulo Microchip para el rfPIC12F675K

4.3.2.1 Diagrama Esquemático del MI

El diagrama eléctrico de este módulo se puede observar en el Anexo II. Anteriormente en el marco teórico para rfPICs ya se expuso sobre la arquitectura interna de cómo opera este chip y que con la implementación de algunos componentes externos conforma el MI.

4.3.2.2. Programación del rfPIC12F675K

En la Fig. IV.07 se muestra el diagrama general de programación que debe seguir el módulo para poder enviar los datos especificados en el apartado de datos a ser transmitidos de la sección de análisis.

ASM del rfPIC12F675K

Los dispositivos rfPIC al ser una nueva tecnología de innovación y que muy poco se difunden en nuestro entorno, se basa en la programación de bajo nivel usando el lenguaje ensamblador, esto debido a la falta de desarrollos de software de programación para estos dispositivos.

El código se ha desarrollado con la ayuda de la herramienta de programación MPLAB 8.00a en el cual se ha implementado un programa en base a las especificaciones del análisis del MI y tomado como referencia el ejemplo del programa XMIT.asm que viene incorporado en el dispositivo cortesía de MICROCHIP, el programa tiene por nombre Tran_rfPIC.asm que se encuentra en el Anexo VIII y parte de este programa se describe a continuación:

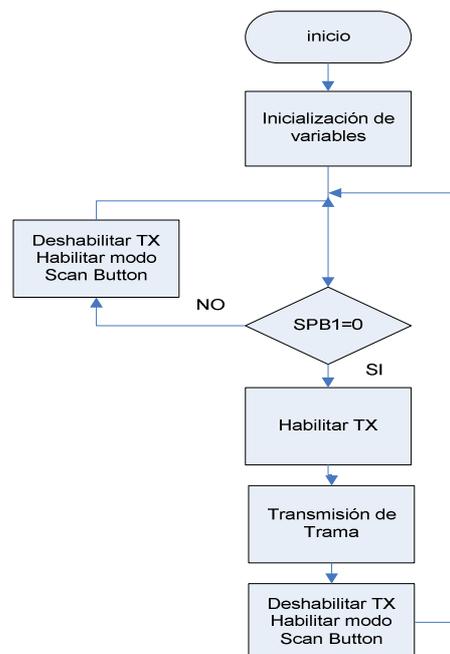


Fig. IV.07. Diagrama de flujo del programa

Inicio de programa y especificación de puertos.- Se utiliza dos puertos para escanear a los pulsadores y dos puertos para la transmisión.

```
-----  
;  
;                               TESIS DE GRADO  
; Archivo:                      Trans_rfPic.asm  
; Fecha:                        Enero 05, 2009  
; Version:                      1.0  
; Software:                     MPASM 03.30 Released  
; Autores:                      Rolando Balseca  
;                               Marco Sinchiguano  
-----  
; Archivo Requerido:            p12f675.inc  
-----  
list    p=12f675                ; lista las directivas del pic  
#include <p12f675.inc>          ; especifica las variable del procesador  
errorlevel -302                ; Suprime el mensaje 302 de la lista  
; ----- Especificación de puertos-----  
#define TXD    GPIO, 2          ; (Salida)Transmisión de datos  
#define PB3    GPIO, 3          ; (Entrada) switch GP3  
#define PB4    GPIO, 4          ; (Entrada) switch GP4  
#define RFENA  GPIO, 5          ; (Salida) RF habilitada
```

Retardos para generación de pulsos para la trama a transmitir.

```
; Retardos de tiempo  
EsperarxTE  
    movwf Cont2    ; [1]  
esperarxlp  
    movlw D'79'    ; [1]  
    movwf Cont     ; [1]  
esperar400lp  
    nop            ; [1]  
    nop            ; [1]  
    decfsz Cont,F  ; [1]  
    goto  esperar400lp ; [2]  
;  
; -----  
;          79 x 5 = 395us  
    decfsz Cont2,F ; [1]  
    goto  esperarxlp ; [2]  
    retlw 0        ; [2]  
;  
;          total 2 (call) + W x (395 + 5) + 2 (return)  
;  
;          w = 1 -> 406us @4MHz  
;  
;          w = 2 -> 806us @4MHz
```

Escaneo de botones

SCANPB

```
movlw 0x00          ; W = 0
movwf FuncBits     ; Borra el registro FuncBits
btfsc PB3         ; Si GP3 es presionado?
goto SPB1
movlw 0x20        ; Función S0 seleccionada
iorwf FuncBits, F
```

SPB1

```
movlw 0xFF
andwf FuncBits, W ; Cuando es presionado
btfss STATUS, Z
goto XMIT        ; Si, transmitir
bcf  RFENA      ; No, deshabilitar transmisor
sleep          ; Pone el micro en sleep
goto SCANPB     ; Regresa a escanear
```

Datos en el buffer de transmisión

XMIT

```
bsf  RFENA      ; Habilita el transmisor
movlw 0x80      ; Numero de validacion
movwf CSR0
movfw FuncBits ; Switch pulasdo
movwf CSR1
movlw 0x40     ; Numero de Unidad
movwf CSR2
movlw 0x80    ; Cooperativa
movwf CSR3
movlw 0x55    ; Control
movwf CSR4
```

Bucle de Transmisión

TXBucle

; Envía el preambulo

Preambulo

```
movlw PREAMB
movwf BitCount ;
```

PreL

```
bsf  TXD      ; ON
movlw 1
call EsperarxTE ; Pause
bcf  TXD      ; OFF
movlw 1
call EsperarxTE ; Pause
decfsz BitCount, F
goto PreL
```

; Pause de sincronismo

TXbucle

```
movlw D'10' ; TCabecera = 10 x Te
call EsperarxTE
```

```
; Envia 32 bis
    movlw  CSRO      ; lsb first
    movwf  FSR
TXNextByte
    movlw  D'8'
    movwf  BitCount
TXNextBit
    rrf   INDF,W      ; 8 bit rotate
    rrf   INDF,F      ; Carry contain lsb
    BC    UNO
CERO
    movlw  2          ;
    movwf  TiempoH    ; +---+---+ +--
    movlw  1          ; | | |
    movwf  TiempoL    ;---+ +---+
    goto  Trasm_BIT   ; | 2Te Te |
UNO
    movlw  1          ;
    movwf  TiempoH    ; +---+ +--
    movlw  2          ; | | |
    movwf  TiempoL    ;---+ +---+
                    ; | Te 2Te |
Trasm_BIT
    bsf   TXD         ; ON
    movf  TiempoH,W
    call  EsperarxTE
    bcf   TXD         ; OFF
    movf  TiempoL,W
    call  EsperarxTE
    decfsz BitCount,F
    goto  TXNextBit   ;
    incf  FSR,F
    movlw  CSR4+1     ; check si termina
    xorwf FSR,W
    andlw 0x1F
    BNZ  TXNextByte
Fin de trama
    movlw  TGUARD
    call  EsperarxTE
    goto  SCANPB
```

4.3.3. Análisis del MPC

Este módulo se compone de dos subsistemas; el primero que interactúa con el Módulo Identificador, el mismo que permitirá la recepción de datos enviados por este módulo, el segundo subsistema tomará estos datos, los cuales serán almacenados en la memoria externa

junto a la hora marcada en el punto de control, los procesará y los enviará hacia el módulo central.

Este módulo además debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Protocolo de comunicación compatible con el módulo identificador
- Decodificación de la información
- Protocolo de comunicación compatible con un modem GSM
- Protocolo de comunicación serial I2C para Reloj, memorias y LCD.
- Optimización y control de la fuente de energía
- Bajo costo
- Abierto a nuevas innovaciones y mejoras.

El dispositivo diseñado para recibir los datos enviados por el rPIC12F675K es el rRXD0420 compatible con los parámetros de comunicación establecidos en la sección de descripción del rPIC12F675K, además para la ayuda de el procesamientos de datos se utiliza el PIC 16F676 que tomará los datos recibidos por el rRX y los procesará, realizando una verificación y validación de los mismos para lo posterior que es establecer la comunicación serial con el PIC 16F628A que este a su vez realiza la interacción con la memoria de almacenamiento, el reloj de tiempo real, el LCD y el modem celular que realizar una transmisión de SMS con los datos procesados. Para el control en la comunicación serial con el modem celular se usa además el PIC 16F628A que recibirá los datos recibidos por el modem celular.

4.3.3.1 Recepción de datos mediante el rRXD0420

El módulo está dispuesto a recibir todos los datos que el transmisor le envíe, que luego de las etapas necesarias de demodulación (incorporadas en el kit de recepción), entrega por su salida la ráfaga de datos digitales codificados conforme a lo estipulado en la sección de transmisión

como se observa en la siguiente Fig. IV.08.

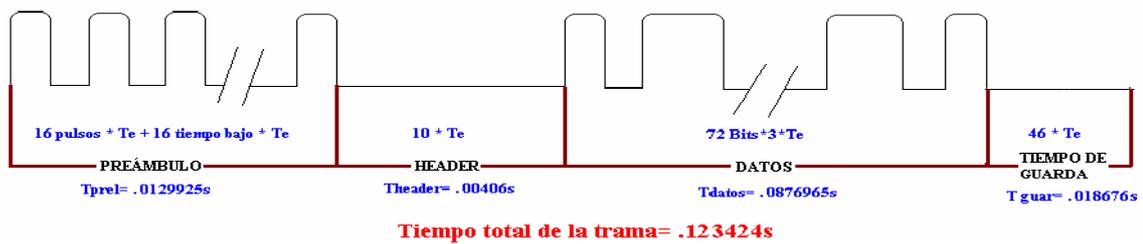


Fig. IV.08. Ráfaga de datos recibidos

4.3.3.2. Procesamiento de datos mediante el PIC 12F676

Una vez recibida la ráfaga de datos el siguiente paso es procesarlos para lo cual se hace uso del PIC 16F676, el cual se encarga de las siguientes funciones, basado en el uso del programa de demostración que viene incorporado en el dispositivo como `rcvr_analog_display.asm` proporcionado por MICROCHIP:

- Identificación, separación del preámbulo.
- Decodificación de los datos
- Validación de los datos
- Prepara los datos para la comunicación serial el PIC 16F628A

Identificación, separación del preámbulo y cabecera

Al manejar la interrupción del puerto RC1 realiza una sincronización contando los 32 bits recibidos, que pertenecen al preámbulo de la trama teniendo un tiempo de 12 ms y luego viene el tiempo de cabecera con un tiempo de 4 ms.

Decodificación de los datos

Una vez separada la primera parte de la trama, la siguiente ráfaga de bits son recibidos y de acuerdo a la codificación preestablecida en el desarrollo del transmisor son guardados en la

memoria EEPROM del PIC en cuatro registros de ocho bits siendo estos DATA0..DATA3.

Validación de los datos

La manera de verificar que los datos recibidos son fiables es realizar un proceso de validación el mismo que sirve para comprobar si la trama recibida es válida. Este proceso se realiza mediante la comparación de los datos del registro DATA0 con la validación previa almacenada en la memoria del PIC en la posición EEPROM 0x00, que en este caso contiene el valor 0x80. Si el resultado de la operación XOR da un valor de 0 significa que los datos son correctos, en caso contrario se rechaza la trama se habilita la interrupción a la espera de una nueva trama.

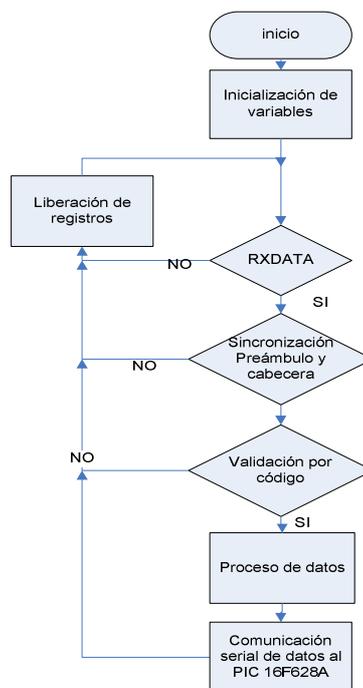


Fig. IV.09. Diagrama de flujo del sistema de recepción

Programa del PIC 16F676

Un esquema general de lo que realiza el PIC16F676 de acuerdo a las especificaciones anteriormente descritas se presentó en la Fig. IV.09, además el código fuente se encuentra adjunto al Anexo VIII con el nombre Recep_frPic.asm.

4.3.3.3. Procesamiento de datos mediante el PIC 16F628A

Es necesaria la utilización de este PIC para ejecutar procesos independientes en tanto a la recepción de datos, visualización, almacenamiento y lectura, cumpliendo los siguientes requerimientos:

- Recepción serial de datos.
- Lectura y visualización de fecha y hora.
- Almacenamiento de datos en la memoria 24LC256
- Generación de códigos AT para enviar los datos al módulo Central.

Recepción serial de datos

Al ser habilitado la interrupción de puerto RB0 del PIC significa que una trama válida a ingresado al sistema Hardware están habilitados para su procesamiento, estos datos serán preparados para ser transmitidos al MC.

Lectura y visualización de fecha y hora

En estado normal de trabajo del PIC, este tiene el simple proceso de presentar la fecha y hora actual en un display LCD 2x16 mediante la comunicación I2C de los dispositivos DS1307 y el PIC.

Almacenamiento de Datos en la memoria 24LC256

Los datos válidos que representan al Número de Unidad, Cooperativa, fecha y hora son almacenados en la memoria externa EEPROM, ocupando estos una longitud de 14 Bytes, permitiendo almacenar un total de 2340 registros de unidad por memoria que fácilmente puede ser expandida a un total de 8 memorias externas, posibilitando un registro de 18720.

Generación de códigos At para envío al MC

Los códigos utilizados para el envío de SMS son enviados desde el Pic 16F628A en forma serial a una velocidad de 9600 baudios son los siguientes:

ATZ <enter>

AT+CMGF=1 <enter>

AT+CSCA="+59397995040" <enter>

AT+CMGS="093760808" <enter> mis datos <CTRL+Z>

Cada uno de los procesos anteriormente descritos se la representa en el diagrama de flujo mostrado en la Fig. IV.10.

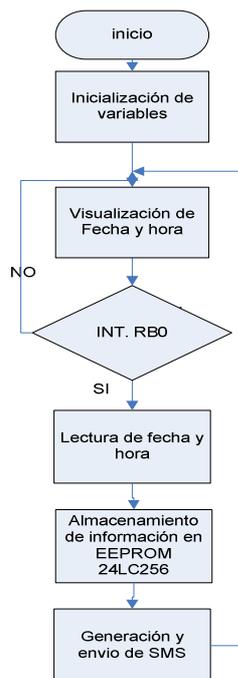


Fig. IV.10. Diagrama de flujo para proceso de información

El código se presenta a continuación:

```
'*****  
'* Name : RelojLCDyMemoria.BAS  
'* Date : 10/12/2008  
'* Version : 1.0
```

```
* Programadores: Rolando Alcivar Balseca Caluña
* Marco Antonio Sinchiguano Cadena
*****
include "modedefs.bas"
Define I2C_SCLOUT 1
'-----Declaración de Variables-----
dat var portb.0      ' Recibir daros del otro pic
Rh Var Portb.1      ' Igualar horas
Rm Var Portb.2      ' Igualar Minutos
Puerto var Portb.4  ' Tx SMS
'datCel var portb.5  ' Rx SMS
DPIN VAR Portb.6    ' I2C Datos
CPIN VAR Portb.7    ' I2C CLOCK
segu VAR BYTE
minu VAR BYTE
hora VAR BYTE
diaS VAR BYTE
diaf VAR BYTE
mes VAR BYTE
anio VAR BYTE
contr var byte
actualizando VAR BIT
palabra var byte[8]
palabra1 var byte[8]
palabra2 var byte[8]
palabra3 var byte[8]
palabra4 var byte[8]
'OKsms var BYTE[2]  ' Variable para lee los datos que contesta el celular
dirMem var word
i var byte
'-----
on interrupt goto recibir
intcon=%10010000
dirMem = 0
i = 0
'OKsms=$00
contr =%10100000
  eeprom 0,[0]
  READ 0,ACTUALIZANDO
  IF ACTUALIZANDO = 0 THEN grabarRTC
'-----Muestra la fecha y hora en el LCD -----
INICIOreloj:
  I2CREAD DPIN,CPIN,%11010000,0,[SEGU,minu,hora,dias,diaf,mes,anio]
  LCDOUT $fe,1,"Hora: ",hex2 hora,":",hEX2 MINU,":",hEX2 SEGU
  LCDOUT $fe,$c0

  IF DIAS=$1 THEN LCDOUT "Dom."
  IF DIAS=$2 THEN LCDOUT "Lun."
  IF DIAS=$3 THEN LCDOUT "Mar."
  IF DIAS=$4 THEN LCDOUT "Mie."
```

```
IF DIAS=$5 THEN LCDOUT "Jue."
IF DIAS=$6 THEN LCDOUT "Vie."
IF DIAS=$7 THEN LCDOUT "Sab."
lcdout $fe,$c5,hex2 diaf,/"
lcdout $fe,$cB,"/20",hex2 anio
lcdout $fe,$c8
  if mes=$1 then lcdout "ene"
  if mes=$2 then lcdout "feb"
  if mes=$3 then lcdout "mar"
  if mes=$4 then lcdout "abr"
  if mes=$5 then lcdout "may"
  if mes=$6 then lcdout "jun"
  if mes=$7 then lcdout "jul"
  if mes=$8 then lcdout "ago"
  if mes=$9 then lcdout "sep"
  if mes=$10 then lcdout "oct"
  if mes=$11 then lcdout "nov"
  if mes=$12 then lcdout "dic"
For i = 1 to 50
  pause 10
next
if (rh =1) and (rm = 1) then IGUALARMES
IF Rh = 1 THEN IGUALARH
IF Rm = 1 THEN IGUALARM
goto INICIOreloj
'-----Inicializacion del reloj-----
grabarRTC:
'-Inicializacion del reloj  seg,min,hora,dias,dia,mes,anio,pulsos
i2cwrite dpin,cpin,%11010000,0,[$00,$30,$11,$3,$27,$01,$09,$10]
  pause 10
  write 0,1
goto INICIOreloj
'Para igualar las horas -----
IGUALARH:
.....
IGUALARM:
.....
IGUALARMES:
.....
'-----Recibir Datos del Pic 16F676-----
disable
recibir:
  lcdout $fe,1
  pause 10
  serin2 dat,84,[str palabra\9\13,str palabra1\9\13,str palabra2\9\13,str palabra3\9\13,str
palabra4\9\13]
'-----Guarda en memoria externa-----
'-----Capacidad 256K
'-----En Bits 262144
'-----En Bytes 32768 Bytes
```

```
'-----Tamaño de trama Almacenada 14 Bytes
'-----Capacidad de Almacenamiento 2340 Registros
'-----Desde 0 Hasta 32759
'-----En la Dir 32760 Guarda la posición 8 bytes
I2CREAD DPIN,CPIN,contr,32760,[dirmem]
if dirmem >=32760 then
  DIRMEM = 0
ENDIF
'-----Guardo la hora y fecha-----
I2CWRITE dpin,cpin,contr,dirmem,[segu,minu,hora,diaf,mes,anio]
PAUSE 10
dirMem = dirmem + 6
'-----Guardo el Numero de Unidad-----
'I2CWRITE dpin,cpin,contr,dirmem,[str palabra1\8,str palabra2\8,str palabra3\8,str
palabra4\8]
I2CWRITE dpin,cpin,contr,dirmem,[str palabra3\8]
PAUSE 10
'-----Envio de sms a la central-----
'SEROUT2 Puerto,84,["ATZ",13,10]
'pause 500
SEROUT2 Puerto,84,["ATZ",13,10]
pause 400
SEROUT2 Puerto,84,["AT+CMGF=1",13,10]'pone al celu en modo texto
pause 400
SEROUT2 Puerto,84,["AT+CSCA=",34,"+59397995040",34,13,10];se envia el centro de
mensajeria 34(comillas) y 13 (enter)
pause 400
SEROUT2 Puerto,84,["AT+CMGS=",34,"+59393760808",34,13,10];se envia el # de celular
34(comillas) y 13 (enter)
pause 400
i2cread dpin,cpin,contr,dirmem,[str palabra\8]
dirmem = dirmem + 8
if (palabra3 = palabra )then
  SEROUT2 Puerto,84,[str palabra1\8,str palabra2\8,str palabra3\8,str palabra4,hex2
hora,":",hex2 minu,":",hex2 segu,"F",hex2 diaf,"/",hex2 mes,"/", "20",hex2 anio,"M",DEC
DIRMEM,13,10]; ascii 26 (finaliza los comandos aT _!)
  SEROUT2 Puerto,84,[26]
else
  SEROUT2 Puerto,84,[str palabra1\8,str palabra2\8,str palabra3\8,str palabra4,hex2
hora,":",hex2 minu,":",hex2 segu,"F",hex2 diaf,"/",hex2 mes,"/", "20",hex2
anio,"M","ERROR",13,10]; ascii 26 (finaliza los comandos aT _!)
  SEROUT2 Puerto,84,[26]
endif
'Guardo la el valor de la memoria en la eeprom del pic
I2CWRITE dpin,cpin,contr,32760,[dirmem]
pause 10
intcon=%10010000
resume
enable
end
```

4.3.4. Implementación Hardware del MPC

En el MPC está acoplado el kit de recepción para rfPICs basado en el rFRXD0420 fabricado por MICROCHIP, la Fig. IV.11 muestra este módulo receptor y el diagrama esquemático del MPC se halla adjunto al Anexo V en que se observa el diseño hardware con los pics y elementos electrónicos necesarios para este módulo, cada parte comprende el proceso de análisis para el MPC antes mencionado.



Fig. IV.11. Módulo receptor de MICROCHIP para rfPICs

El circuito electrónico que se diseñó (esquema que se adjunta en el Anexo V) implementa una interfaz de visualización de la fecha y hora calendario con el uso del DS1307, PIC 16F628A y un LCD 2x16. Incorpora también la interfaz para el manejo de la memoria externa 24LC256 que puede ser fácilmente extraída, un acople entre el PIC 16F28A y el cable de datos serial hacia un celular Nokia 3220.

Diseño de la Placa

Para el diseño de la placa se utilizó el software DXP Altium 2004 que permite realizar diagramas electrónicos y su correspondiente circuito impreso (PCB) el cual se puede observar en el Anexo VI, para la transferencia hacia la baquelita se utilizó el proceso de transferencia por calor con la utilización de láminas de papel tipo transfer por ambos lados como se muestra

en la Fig. IV.12. Una vez corroída la placa de doble cara (ver Fig. IV.13) y realizada la perforación de los puntos de suelda para los componentes está lista para la soldadura de los materiales.

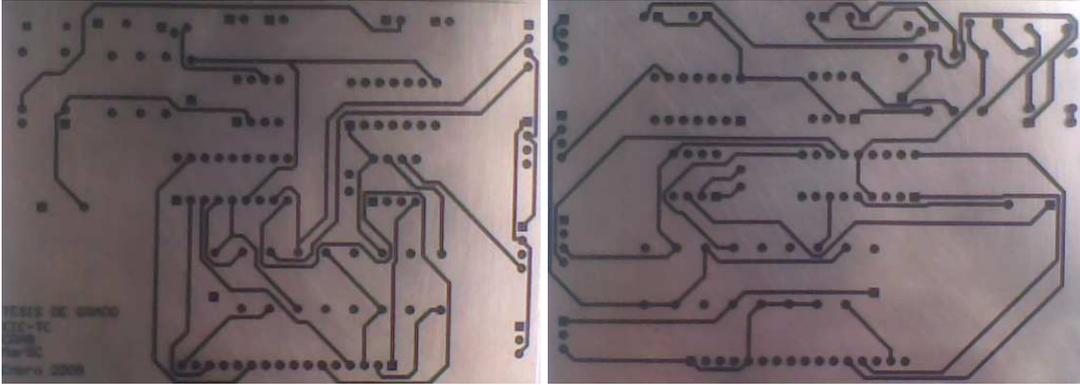


Fig. IV.12. Pista transferida a la placa mediante calor (ambas caras)

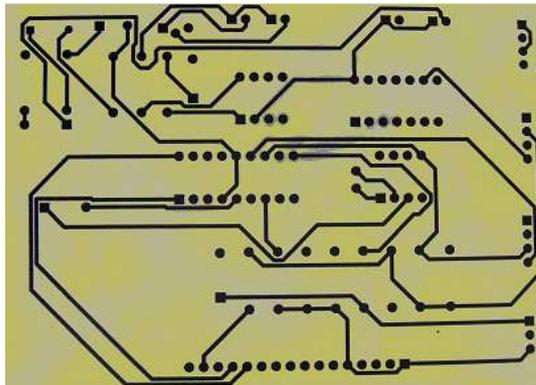


Fig. IV.13. Placa Corroída por el ácido

Montaje de los elementos

Con la placa lista y revisada cuidando de no tener imperfecciones en las pistas, el siguiente paso es soldar cada uno de los componentes de acorde al diagrama esquemático utilizando sockets para los módulos y circuitos integrados que son inmersos a daños en su funcionamiento por el exceso de calor en la soldadura de sus pines.

La placa montada con todos sus elementos se puede observar en la Fig. IV.14.

Montaje del circuito en el chasis

Una vez que se tiene terminado el montaje de elementos se procede a ubicar la placa en el chasis, ubicando de forma ordenada las partes de control y visualización para dar una mejor visión al producto terminado que lo podemos observar en la Fig. IV.15.



Fig. IV.14. Montaje de elementos en la placa

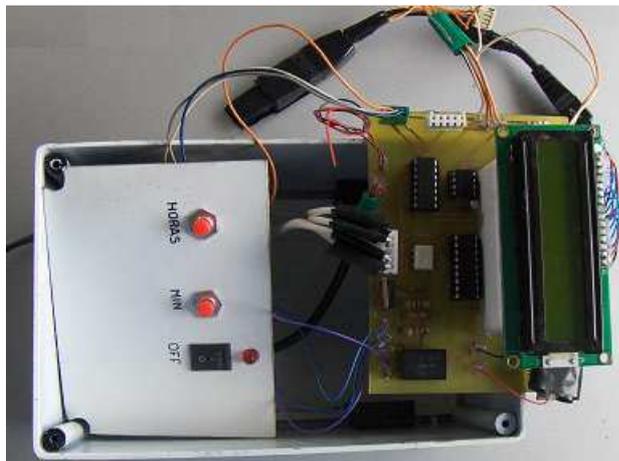


Fig. IV.15. Montaje del circuito MPC en el chasis

4.3.5. Descripción del MC

El MC se halla constituido en el software aplicativo que se explica con mayor detalle en el capítulo V, está también un modem celular que se conecta hacia el computador para la adquisición de datos SMS y un circuito Lector de Memoria Externa EEPROM que su análisis es explicado a continuación.

4.3.5.1. Lector de Memoria Externa EEPROM (LME)

Este dispositivo está diseñado para poder leer y enviar los datos hacia el computador desde la memoria externa que contiene el MPC, específicamente se habla de la memoria 24LC256 que contiene los datos registrados de las unidades que marcaron su control en el MPC de un determinado punto de control.

Una vista panorámica de lo que realiza este dispositivo es el mostrado en la Fig. IV.16.



Fig. IV.16. Diagrama de lectura memoria EEPROM

4.3.5.2. Implementación del Lector de Memorias

Este dispositivo se basa en la programación del PIC 12F675 y ensamblado a un dispositivo acoplador USB-SERIAL. El diagrama de flujo que se presenta en la Fig. IV.17, muestra el proceso que realiza el pic para poder leer los datos de la memoria y transmitirlos hacia el computador del MC.

Circuito esquemático del LME

En la Fig. IV.18 se muestra el circuito que comprende el LME, utilizando un acoplador de

comunicación serial a USB mediante el cable de datos Nokia DKU-5 para el envío de los datos hacia el computador. El producto terminado se muestra en la Fig. IV.19.

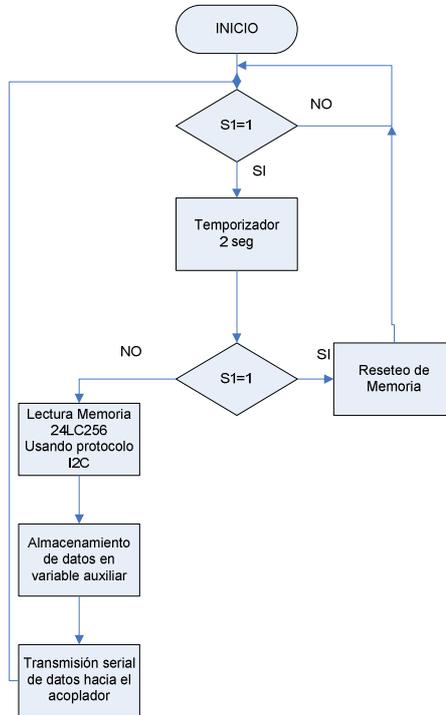


Fig. IV.17. Diagrama de flujo para pic 12F675/lector de memoria

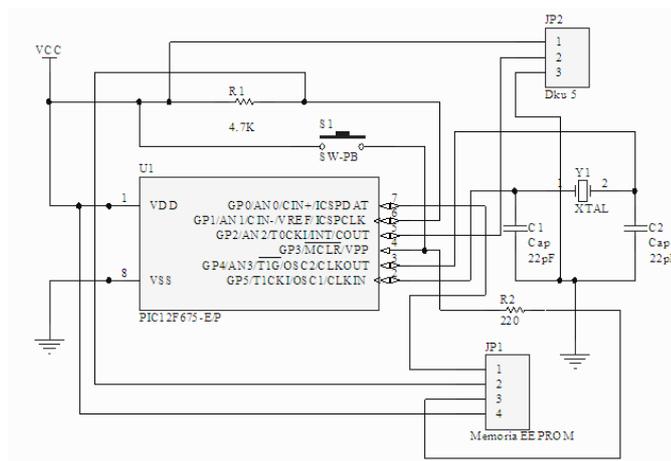


Fig. IV.18. Diagrama Esquemático del lector de memoria 24LC256



Fig. IV.19. *Fotografía del Lector de memoria externa eeprom*

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE PARA EL MC

El MC se halla constituido por el software aplicativo que se encargará de gestionar los datos recibidos por parte de los MPC y de la memoria externa portable.

Durante el desarrollo del capítulo se realiza el análisis de los requerimientos necesarios por el sistema así como la implementación del mismo en el lenguaje de programación y el uso de un gestor de bases de datos.

5.1. Principio Básico de Programación

La programación es un proceso por el cual se escribe (en un lenguaje de programación), se prueba, se depura y se mantiene el código fuente de un programa informático. Dentro de la informática, los programas son los elementos que forman el software, que es el conjunto de las instrucciones que ejecuta el hardware de una computadora para realizar una tarea determinada. Por lo tanto, la programación es una de las principales áreas dentro de la informática.

Para el desarrollo de programas de cierta envergadura o complejos, con ciertas garantías de calidad, es conveniente seguir alguno de los modelos de desarrollo de software existentes, en

donde la programación es sólo una de las etapas del proceso de desarrollo de software.

5.2 Análisis de los requerimientos del software para el prototipo

Los requerimientos para el desarrollo del software en base al sistema de gestión del transporte urbano son los siguientes:

1. Ingreso y almacenamiento de datos de Inicialización
2. Generación de horarios de recorrido
3. Recolección de datos desde el puerto serial
4. Almacenamiento de datos resultado de la operación de monitoreo
5. Monitoreo, visualización y Reportes del prototipo en funcionamiento

5.2.1. Ingreso y almacenamiento de datos de Inicialización

Las entidades que son ingresados al sistema mediante teclado necesario para el funcionamiento con el gestor de la base de Datos SQLServer son:

Socio: Contiene los campos de datos referentes a la identificación de un socio de la cooperativa.

Unidad: Contiene los campos de datos referentes al vehículo de transporte urbano.

Punto de Control: Contiene información sobre la identificación del Punto de control.

Recorrido: Establece una ruta de recorrido especificando los puntos de control que intervienen en una determinada ruta.

5.2.2. Generación de horarios de recorrido

En la primera inicialización del programa, debe generar un horario de recorrido con todas las unidades disponibles, claro que la tesis especifica sólo para una unidad pero no se retrae ante la posibilidad de ser escalable, por tal motivo el software está diseñado para n unidades de transporte. Este horario puede ser generado de forma automática o de forma manual además que extiende la posibilidad de avisar a cada unidad de transporte; en sí, al dueño de la unidad el aviso de la primera salida del recorrido.

5.2.3. Recolección de datos desde el puerto serial

Una vez que la aplicación empiece a monitorear a los puntos de control, los MPCs empezarán a emitir SMS hacia el módulo central, es aquí donde los mensajes de texto ingresan hacia el computador del MC por medio de una conexión serial entre el teléfono celular Nokia 3220 y el computador, la aplicación tiene la capacidad de leer estos datos y de comprobar su respectiva validación para ser procesada.

5.2.4. Almacenamiento de datos resultado del monitoreo

Los datos que son almacenados por medio del monitoreo de la aplicación y guardados en la base de datos como resultado de un proceso de operación del prototipo son los siguientes:

Recorrido.- Es una tabla que almacena el resultado del registro de hora de una unidad de transporte por un determinado punto de control incluyendo si la unidad tuvo algún tipo de atraso o ausencia de registro.

Unidades en recorrido.- Es una tabla auxiliar que permite saber qué unidades se hallan en estado de recorrido.

Atraso.- Genera una tabla para saber el tiempo de atraso de las unidades en su recorrido por la ruta.

5.2.5. Monitoreo, visualización y reportes del prototipo en funcionamiento

El monitoreo se basa básicamente en el censo del puerto serial por la espera de algún mensaje de texto como entrada, presenta una interfaz de visualización de recorrido de la unidad y también emite reportes en los que se detalla los tiempos de marcado de control de la unidad de transporte por un determinado punto de Control.

5.3. Implementación del Software para el MC

El sistema implementado tiene por nombre ISCODI (Integración de Sistemas de comunicación Digital) que en base a los requisitos con que debe cumplir el software, su implementación sigue los siguientes aspectos: Desarrollo de la Base de datos y Desarrollo del software aplicativo.

5.3.1. Desarrollo de la Base de Datos

Las características de nuestro sistema de base de datos son:

Sistema Gestor de Base de Datos: SQL Server 2000

Nombre de la base de datos: BaseTesis

Tipo de base de Datos: Local

Espacio de Almacenamiento: 10 GB

Gestor de base de datos SQL Server 2000

El sistema de Bases de Datos creado en SQL Server 2000 nos permite manejar con un ambiente fácil para la creación de entidades y la posibilidad de trabajar con consultas SQL para la administración de los datos. En el gráfico de la Fig. V.01 se muestra el IDE de este gestor de

base de datos.

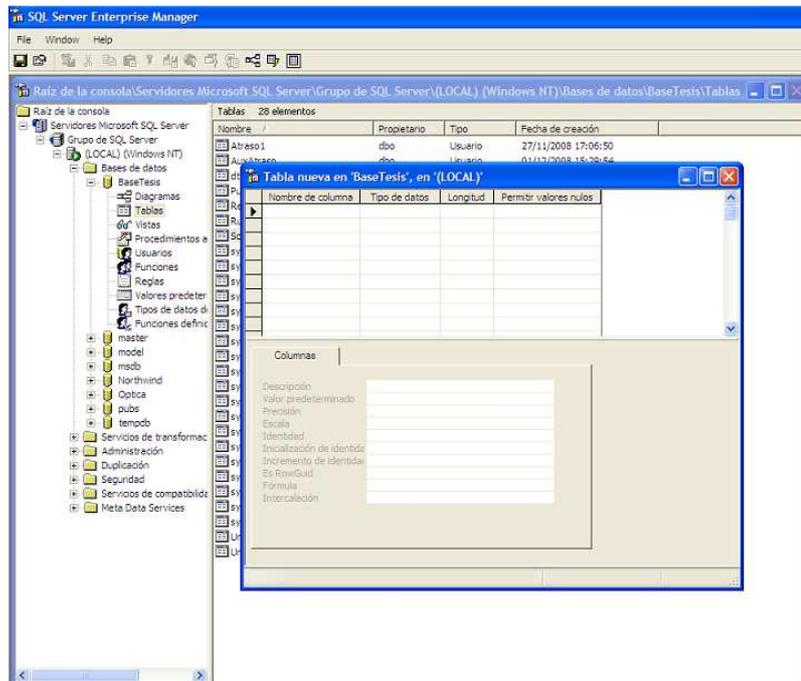


Fig. V.01. IDE de SQL SERVER 2000

Entidades de la Base Tesis

En la Fig. V.02 se muestra un gráfico con las entidades o tablas creadas en SQL que se utiliza para el manejo de los datos del sistema, los mismos que son actualizados en el funcionamiento del software aplicativo o por medio de la consola de SQL.

5.3.2. Desarrollo del Software Aplicativo

El software aplicativo se implementa mediante el lenguaje de programación Delphi 7, esta versión necesita los siguientes requerimientos, los mismos que serán necesarios para poder ejecutar el software del sistema de monitoreo:

Procesador mín: Pentium IV

Memoria RAM mín: 256 MB

Espacio en Disco Duro: 40 GB

Sistema Operativo: Windows XP

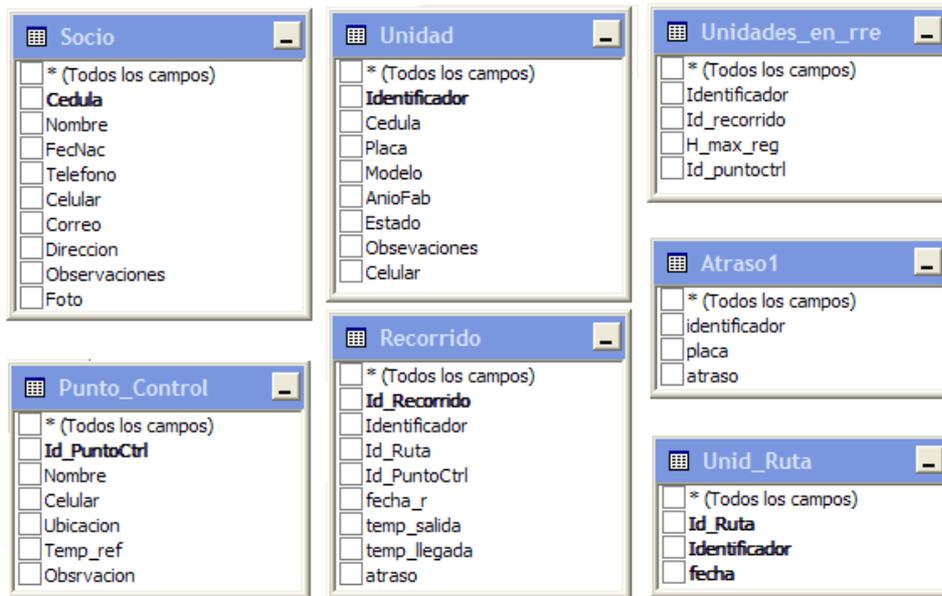


Fig. V.02. Tablas utilizadas en la Base de Datos BaseTesis

El IDE de Delphi 7 mostrado en la Fig. V.03 es un entorno de desarrollo gráfico que basado en lenguaje de programación Pascal nos permite realizar aplicaciones de una manera fácil, a más de tener una amplia gama de componentes necesarios para el manejo de los dispositivos que se tienen conectados al computador.

5.3.3. Diagrama General del Software Aplicativo

En base al análisis realizado en la etapa de las características que debe cumplir el software para poder trabajar con el hardware del prototipo de la tesis se presenta un diagrama de flujo que muestra el desarrollo de trabajo del programa adjunto al Anexo VII.

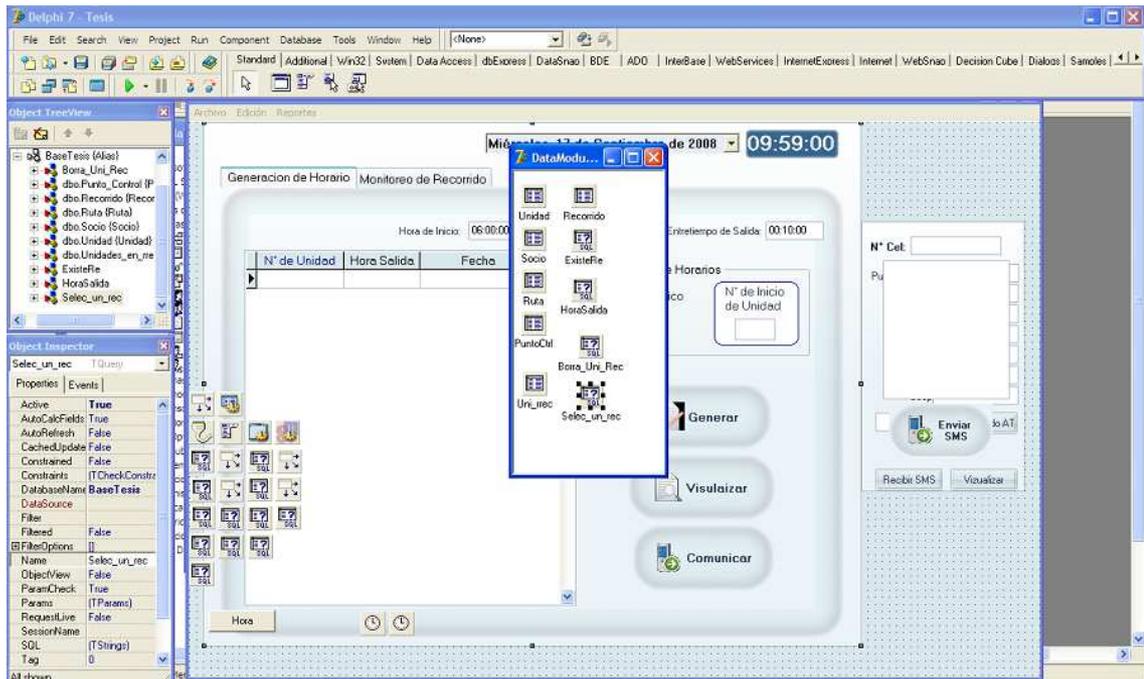


Fig. V.03. IDE del software de programación Delphi

En general el software del prototipo está compuesto por seis ventanas que cumplen las especificaciones descritas anteriormente y en conformidad al diagrama de flujo. Entre ellas tenemos las ventanas de ingreso de datos como son: nuevo punto de control, nuevo socio, nueva unidad que facilita al usuario la interacción con la base de datos presentado una interfaz amigable para el almacenamiento y utilización de los mismos.

Para la recolección de datos enviados por el MPC y el LME, se hace uso de la herramienta Serial Port de la Fig. V.04 con las siguientes especificaciones mostradas en la Tabla V.I.

Con la ayuda de esta herramienta se ingresa datos al sistema en el instante en que cualquier MPC transmita su punto registrado el mismo que será ingresado al sistema de monitoreo. También se hace uso de uno de estas herramientas del puerto serial para la lectura de las memorias externas EEPROM de los diferentes MPC con iguales especificaciones para su utilización que leerá todos los puntos registrados en la memoria y los visualizará en el sistema.

Tabla V.I. Especificaciones de los puertos COM5 y COM7

Puerto Serie1	Especificación
Velocidad de transmisión	9600 Baudios/s
Bits de parada	1 bit
Bits de datos	8 bits
Tamaño del Buffer	4 K
Control de flujo	Ninguno
Paridad	Ninguno
Puerto	COM5 y COM7



Fig. V.04. Propiedades del Objeto Serial Port

La herramienta QuickReport de Delphi nos ayuda en la creación de reportes para poder mostrar los resultados diarios por unidad y diarios de toda la cooperativa, presentando el total de atrasos y las ausencias que han tenido las unidades en el día de recorrido.

CAPÍTULO VI

IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO

Para llevar a cabo la implementación de nuestro prototipo se procedió a ejecutarlo en las siguientes fases: Implementación software, implementación hardware, prueba inicial de funcionamiento, prueba de simulación de recorrido, reportes.

6.1. Implementación Software

Una vez que se tenga el lugar específico para que funcione el MC tomando en cuenta en cuenta una buena cobertura celular y condiciones eléctricas estables que no intervengan con el funcionamiento óptimo del sistema, se ejecuta el sistema ISCODI en el cual se ingresa los primeros datos del sistema que son necesarios para que se pueda iniciar con el monitoreo; los datos previos que se deben ingresar son:

Datos del Socio: Cédula, Nombre, Celular de notificación, entre otros que son indispensables para el sistema tal como lo muestra la Fig. VI.01.

Datos de la Unidad: Si bien el prototipo se basa en el monitoreo de una unidad de transporte, en el sistema se puede ingresar registros para n unidades, datos principales que son como número de unidad, propietario, placa, modelo entre otros que son necesario como se muestra

en la Fig. VI.02.

The screenshot shows a software window titled 'Socio' with a subtitle 'DATOS DEL SOCIO'. The form contains the following fields and values:

- Cedula: 1801045442
- Nombre: Raul Gonzales
- Fecha Nacimiento: 08/06/1977
- Telefono: 032842380
- Celular: 090389143
- Correo: raulgoonza@yahoo.es
- Direccion: Riobamba, Primera Constituyente y Eugenio Espejo
- Observaciones: (empty text area)

A photo of a man is displayed next to the 'Foto:' label. At the bottom, there are navigation buttons (back, forward, search, etc.) and two main buttons: 'Guardar' (Save) and 'Salir' (Exit).

Fig. VI.01. Ingreso de datos de un nuevo socio

The screenshot shows a software window titled 'Unidad de Transporte' with a subtitle 'DATOS DE LA UNIDAD DE TRANSPORTE'. The form contains the following fields and values:

- Identificador: 1
- Socio Propietario: Raul Gonzales
- N° Placa: HBT-023
- Modelo: Hino GD Turbo
- Año Fabricación: 2009
- Estado: A
- Celular: 093760909
- Obsevaciones: Unidad De lujo

At the bottom, there are navigation buttons (back, forward, search, etc.) and two main buttons: 'Guardar' (Save) and 'Salir' (Exit).

Fig. VI.02. Datos de la unidad

Datos del Punto de Control: Permite el ingreso de datos de los dos puntos de control que se especifica en el prototipo. La limitante de n datos de puntos de control es simplemente el hardware del prototipo ya que se ha implementado para una demostración práctica de monitoreo. Los datos son: identificador del punto de control, nombre, celular, ubicación, tiempo desde la partida y otros como se observa en la Fig. VI.03.

The screenshot shows a software window titled "Punto de Control" with a subtitle "DATOS DEL PUNTO DE CONTROL". The form contains the following fields and values:

Field	Value
Id_PuntoCtrl	1
Nombre:	P1
Celular:	090389143
Ubicación:	Frente de la EIE-TC
Tiempo desde la Partida:	00:01:30
Observación:	

At the bottom of the form, there are several navigation buttons (back, forward, home, search, etc.) and two main buttons: "Guardar" (Save) and "Salir" (Exit).

Fig. VI.03. Datos del punto de control

6.2. Implementación del hardware del prototipo

En esta fase se procede a ubicar los MPCs diseñados en cada uno de los puntos escogidos en la ruta de recorrido. Para este caso la ruta se ubica en las calles que pertenecen al campus de la politécnica iniciando en el sector de la facultad de Mecánica pasando por la EIE-TC en donde se ubica el primer punto de control con un tiempo de referencia de 00:01:30 desde el inicio de recorrido con un margen espera de máximo de un minuto para ser declarado ausente. Luego la ruta sigue hacia la facultad de Recursos Naturales y de allí al Edificio Central en dónde se ubica el Segundo Punto de Control que tiene como referencia un tiempo de 00:03:30 desde el inicio de recorrido y el mismo tiempo de espera para ser declarado como ausente, concluyendo su

recorrido en el auditorio Politécnico con un tiempo aproximado de cuatro minutos con treinta segundos.

6.2.1. Instalación de los Puntos de Control

Con la ruta especificada se procede a instalar los MPC en los Puntos de Control escogidos que pueden ser ubicados en un poste, pared o infraestructura aledaña a la vía. Considerando una distancia entre el MPC y el paso de unidad de máximo 12 metros como rango normal de enlace de comunicación y un suministro de energía eléctrica en caso de una utilización prolongada del MPC, puesto que las baterías tienen una duración de aproximadamente 48 horas. Al momento encender el MPC se debe considerar que la hora y fecha estén configurados con los de la Central. Se debe tener también en cuenta que el celular que se utiliza en el MPC debe tener un Plan de acreditación de saldo mensual o en su mejor opción anual. En la Fig. VI.04 (a, b) se muestra el proceso de instalación.



a) Ajustes del MPC

b) Colocación del MPC en el PC

Fig. VI.04. Instalación del MPC

6.2.2. Instalación del MI

Lo único necesario en la unidad es alimentación permanente de energía y que la información

del MI corresponda con los datos de la unidad, su ubicación no es limitada, es por eso que queda a preferencia del dueño de la unidad para su cómoda manipulación. En este caso se ha ubicado en un sector como se muestra en la Fig. VI.05.



Fig. VI.05. Instalación del MI

6.2.3. Hardware del MC

El MC al ser un equipo netamente computacional el hardware se halla comprendido en el uso de un computador y además de un celular que pueda ser comunicado hacia la PC por medio de un cable de datos o el uso de la tecnología bluetooth, en ambos casos se debe realizar la conexión previa al PC y restringir que el equipo sea de uso exclusivo para el prototipo sin utilizar estos equipos para usos que no pertenecen al sistema de monitoreo. En la Fig. VI.06 se muestra la máquina portátil HP que se adapta con un celular Nokia 6103 mediante la conexión bluetooth, y que junto al Lector de Memoria Externa (LME) forman el MC.

6.3. Prueba inicial de envío y recepción de datos

Concluida la instalación de los equipos, módulos y software necesarios para el funcionamiento

del prototipo, lo que se estima ahora es realizar una prueba inicial de transmisión y recepción de datos con el objetivo de verificar el funcionamiento de los dispositivos antes de entrar en una simulación real del prototipo en general y poder luego obtener una base de resultados de este proceso. Esta prueba se la realiza con los siguientes argumentos:

- Un MI que contenga la siguiente información:

Código de validación	00000001
No. Unidad 16	00000001
Cooperativa Puruha	00000100



Fig. VI.06. Equipos que conforman el MC

- Un programa básico de recepción de datos en donde nos muestra la información enviada por el punto de Control en prueba.

En la Fig. VI.07 se muestra el proceso de comunicación inicial. Se puede apreciar que los datos especificados se visualizan en la pantalla del programa básico de recepción de los datos junto con la hora que se marco el inicio de la comunicación.

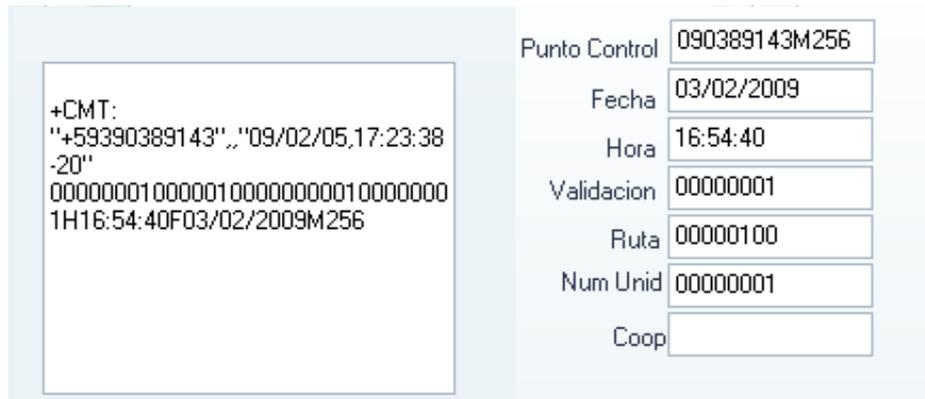


Fig. VI.07. Mensaje Recibido en Prueba Inicial.

6.4. Prueba de Simulación del prototipo y Resultados

Dentro de esta fase ha de considerarse algunos factores que determinarán mediante un análisis de los mismos la fiabilidad y estabilidad de funcionamiento del prototipo.

Factores de Monitoreo

Distancia de enlace entre el MI y el MPC.- Se considera el radio máximo de enlace entre los dispositivos en estado de reposo que son de 20 metros.

Velocidad del transporte.- Considerando que el límite máximo de velocidad de circulación en la ciudad para este tipo de transporte es de 40 Km/h se ha realizado pruebas hasta una velocidad de 80 km/h con el afán de verificar el enlace entre transmisor y receptor.

Saturación de la línea celular.- Hay que tomar en cuenta cómo responde el prototipo cuando el sistema de telefonía celular está en horas pico y existe gran demanda de señal.

Simulación del Prototipo

Para este paso se toma en cuenta cuadros que detallan las consecuencias de los factores involucrados en la simulación. En Tabla VI.I muestra la relación de existencia de enlace

considerando el factor velocidad dentro del radio de enlace entre los dispositivos MI y MPC.

Tabla VI.I. Existencia de enlace entre MI y MPC

Distancia (m) Velocidad(Km/h)	0	10	20
	20	Si	Si
40	Si	Si	Si
60	Si	Si	No
80	-	-	-

En la Tabla VI.II se aprecia la relación de comunicación celular en diferentes horas de prueba con una referencia de envío de 10 mensajes de texto especificando la efectividad de comunicación en el retardo de tiempo promedio que transcurre en llegar el SMS del origen hacia el destino. En nuestro caso desde el MPC hacia el MC.

Tabla VI.II. Retardo de comunicación celular entre MPC y MC

Hora de Enlace	Tiempo de retardo
07:00 am	11 seg.
09:00 am	10 seg.
11:00 am	10 seg.
12:30 pm	10 seg.
14:00 pm	10 seg.
16:00 pm	10 seg.
18:00 pm	11 seg.

Este retardo siempre esta propensa a cambios de acuerdo a la distancia que se halle la BTC de la Central y pueda realizar la conmutación de los SMS.

Fiabilidad del Prototipo

Con los resultados que se han apreciado en las tablas de simulación se puede especificar que la fiabilidad del prototipo tiene un rango aceptable en la comunicación entre el MI y el MPC, este alcance de los 20 m se puede mejorar con la incorporación de una antena que tenga buenas características de transmisión y recepción.

La velocidad máxima de circulación en el sector urbano es de 40 km/h y en comparación con la tabla de resultados el prototipo sí se acopla para un funcionamiento permitiendo así la transmisión y la recepción de datos sin ningún tipo de problemas.

Durante el testeo se ha realizado pruebas de comunicación celular desde el MPC hacia el MC y nunca se ha producido fallas de envío y recepción, pero se debe aclarar que no se ha realizado pruebas en fechas festivas en la que el colapso de operadoras es notable. En caso de que ocurriera tal suceso se tiene un elemento de apoyo para el registro de datos, esto es mediante el almacenamiento de los mismos en la memoria externa y que con la ayuda del LME se puede ver todos los registros realizados en un determinado punto de control.

6.5. Reportes

Una vez que se ha realizado un monitoreo de los puntos de control con algunas vueltas de recorrido de la unidad uno y dos se presenta los reportes que contienen las siguientes notificaciones.

Reporte individual

Muestra un informe de registro de puntos de control por cada unidad individual, en la Fig. VI.08 se muestra con más claridad este detalle, así se tiene un total de atrasos y las faltas existentes de registro en un determinado punto de control.

ISCODI

Tesis de Grado Rolando Balseca - Marco Sinchiguano

Propietario: Rolando Balseca Fecha: 21/01/2009

Unidad N°	Pto. Control	Salida	Llegada	Atraso
1	1	14:02:00	Ausente	
1	2	14:02:00	Ausente	
1	1	14:26:00	14:26:32	00:00:00
1	2	14:26:00	14:29:46	00:00:16
1	1	16:02:00	16:03:30	00:00:00
1	2	16:02:00	16:05:30	00:00:00
1	1	16:08:00	16:09:35	00:00:05
1	2	16:08:00	Ausente	
1	1	16:14:00	16:15:31	00:00:01
1	2	16:14:00	16:17:41	00:00:11
1	1	16:20:00	16:21:25	00:00:00
1	2	16:20:00	16:20:20	00:00:00
1	1	16:56:00	16:57:31	00:00:01
1	1	17:20:00	17:21:37	00:00:07
1	2	17:20:00	Ausente	

Total Atraso:	00:00:41
Total faltas:	4

Fig. VI.08. Reporte Individual de la Unidad 1

Reporte general

Este reporte (ver Fig. VI.09) muestra un detalle general de todas las unidades de la cooperativa con sus respectivos tiempos de retraso y el número total de ausencias de marcado en los PCs.

ISCODI

Tesis de Grado Rolando Balseca - Marco Sinchiguano

Unidad	Propietario	Tiempo Total Retraso	Total Ausentes
1	Rolando Balseca	00:00:41	4
2	Marco S	00:00:35	4

Fig. VI.09. Reporte General de las unidades

CONCLUSIONES

1. El prototipo se enfoca a realizar las tareas que conlleva un proceso de control de ruta manual, de esta manera se gestiona las tareas que de cierta manera son tediosas o que pueden atentar contra la integridad física de las personas (controladores de buses). Además el sistema nos brinda una mejor precisión al momento de realizar un control y emitir reportes con datos exactos dejando de lado las equivocaciones humanas y fraudes.
2. El prototipo de la Tesis se halla implementado mediante el uso de dispositivos rPIC, teléfonos celulares, sistemas de comunicación serial-USB, bluetooth; todos ellos basados en el uso de la comunicación digital acoplados de acorde a las necesidades del prototipo. Esto se ha logrado en base a la visión general del prototipo que integra tres módulos: MI, MPC y MC, cada uno con sus respectivos análisis de procesos específicos, tipo de tecnología y estándar de comunicación a utilizarse.
3. El módulo MI y el MPC se ha diseñado e implementado con dispositivos rPIC por ser un elemento programable y a la vez permitir realizar la transmisión de datos con un rango muy aceptable de enlace entre el rPIC transmisor y el módulo de recepción rRX. El enlace MPC y MC se lo ejerció con el uso de la comunicación celular utilizando el SMS.
4. El uso del canal de comunicación entre el MI y parte del MPC se da en fracción de milisegundos que sumado al proceso de datos y comunicación entre los PICs del MPC sigue siendo de fracción de segundos pero adicionando el tiempo en que tarda en cargar el sms desde el PIC hacia el celular y enviarlo dan un tiempo de interrupción del canal de comunicación entre el MI y MPC de al menos 6 segundos para obtener un

registro exitoso.

5. Dentro del proceso de simulación realizada en el Capítulo 6 se obtuvo buenas características de funcionamiento del prototipo en cuanto al alcance de los dispositivos de comunicación (enlace MI y MPC) y a la estabilidad que presenta la operadora de telefonía celular, además hemos de recalcar que la fiabilidad del prototipo se basa también en el uso de una memoria externa que nos permite guardar datos de unidades que registran su marcación de ruta en el PC en caso de falla de la comunicación entre el MPC y el MC debido a caída de la operadora telefónica.

6. Si bien el diseño del LME en el prototipo ayuda a establecer una comunicación de datos en forma serial, se concluye que el mismo se puede utilizar para resolver aquellos casos de dispositivos nuevos que no tienen incorporado un puerto serial para la comunicación de datos, de esta manera se puede conseguir una interfaz serial virtual a través del USB y el controlador del dispositivo del cable de datos DKU-5.

RECOMENDACIONES

1. Un dispositivo electrónico tiene muchas características de funcionamiento por lo que siempre es recomendable realizar un estudio de las hojas de datos técnicos, de esta manera se puede utilizarlos de la forma más adecuada evitando daños a los mismos.
2. En tanto a los microcontroladores utilizados, las transmisiones que se realiza en mayor parte es serial a 9600 baudios/seg, por tanto es indispensable ajustar el reloj ya sea éste interno o externo a 4 MHz par que no ocasione errores en la comunicación. Existen dispositivos que tienen configuraciones sobre la sincronización de este reloj conocido como OSCCAL y su valor de configuración se hallan en los datasheet, así que es recomendable verificar este valor al momento de grabar un PIC.
3. En las pruebas de comunicación celular el retardo de tiempo que se produce de 12 seg es un inconveniente al momento de implementar un proceso de aviso hacia la unidad de transporte que marcó su registro en el punto de control, por lo que se recomienda utilizar dos subsistemas por separado para tal objetivo.
4. Es recomendable ejercer una capacitación de uso del prototipo, tanto en la parte de instalación de los dispositivos como en el uso del software de monitoreo, de esta manera se previene un mal funcionamiento del prototipo a causa de equivocaciones en la implementación inicial del mismo.
5. La implementación del prototipo utiliza celulares que deben ser netamente de uso exclusivo para la monitorización, por lo que se debe tener cuidado de utilizarlos en otros aspectos ajenos a este proyecto.

RESUMEN

La implementación del prototipo de INTEGRACIÓN DE SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITAL APLICADO AL CONTROL DE RUTA EN UNA UNIDAD DE TRANSPORTE URBANO tiene por objetivo brindar una solución de monitoreo en el recorrido de una ruta específica, que asegure la integridad física de las personas que incurren el proceso de registro.

Los sistemas de comunicación utilizados son: tecnología inalámbrica rPIC con una modulación ASK/FSK a una frecuencia de 315/434 MHz, telefonía celular de generación GSM a una frecuencia de 850 MHz, transmisión serial entre dispositivos en modo simplex a 9600 Baudios/s, protocolos y estándares entre ellos el I2C, bluetooth y comunicación USB. Sistemas que han sido integradas mediante la programación de los microcontroladores 16F676, 16F628A y el rPIC12F675K utilizados en el diseño de los tres módulos que forman parte del prototipo implementado.

Como resultado obtenido, permite una comunicación a distancia máxima de 20 metros a una velocidad de hasta 50 Km/h entre el módulo identificador y módulo punto de control. La generación de los comandos AT al dispositivo Celular con el microcontrolador tiene un retardo de 4 segundos en formar un SMS que es enviado hacia el Modulo Central quien a través del puerto serie los procesa, visualiza y almacena en una base de datos SQL Server. El proceso de registro total tarda 11 segundos, con una tasa de error de bits aproximado de 3×10^{-3} .

El prototipo construido es pequeño, liviano y transportable; la comunicación inalámbrica no tiene interferencias electromagnéticas de televisión, radio, o equipos celulares, por lo que el Modulo Identificador puede ser utilizado en cualquier lugar del bus y en cualquier lugar donde exista cobertura celular para los Módulos Central y punto de control.

SUMMARY

The implementation of the prototype SYSTEMS INTEGRATION APPLIED TO DIGITAL COMMUNICATION ROUTE CONTROL IN AN URBAN TRANSPORT UNIT to provide a monitoring solution in the route of a specific path, which ensures the physical integrity of individuals who engage the process registration.

Communication systems used: wireless technology rfPIC ASK modulation / FSK at a frequency of 315/434 MHz, GSM cellular generation at a frequency of 850 MHz, serial transmission between devices in simplex mode at 9600 baud/s protocols and standards such as I2C, Bluetooth and USB communication. Systems have been integrated through programming of microcontrollers 16F676, 16F628A and rfPIC12F675K used to design the three modules that are part of the prototype implementation.

As a result, allows communication to a maximum distance of 20 meters at a speed of 50 km / h between the module and module identifier checkpoint. The generation of the AT commands to the Mobile device with the microcontroller has a 4 seconds delay in forming an SMS is sent to the central module who through the serial port are processed, displayed and stored in a SQL Server database. The registration process takes 11 seconds total, with a bit error rate of approximately 3×10^{-3} .

The prototype built is small, lightweight and portable, wireless communication has no electromagnetic interference from television, radio, or cellular phones, so the module identifier can be used anywhere in the bus and wherever there is cellular coverage for modules and central control point.

GLOSARIO

Módulo Identificado.- Módulo que contiene datos referenciales de la unidad de transporte urbano y equipo de transmisión digital.

Módulo Punto de Control.- Módulo encargado de registrar la fecha y hora de control para las unidades de transporte urbano y enviarlos hacia la central.

Módulo Central.- Módulo encargado de procesar los datos recibidos de los Puntos de Control

rfPICs.- Microcontrolador Programable que contiene una unidad interna de transmisión.

SIM.- Tarjeta de Identificación del suscriptor a una operadora de telefonía celular

Diagrama Esquemático.- Conexión eléctrica de componentes electrónicos de acuerdo a la simbología de cada componente.

Decibeles.- Medida de la potencia de una señal

Modulación.- Proceso que se encarga de alterar las características eléctricas de una señal portadora para poder transmitir una señal de información.

Frecuencia.- Oscilación periódica de una señal, la unidad básica es el Herzt.

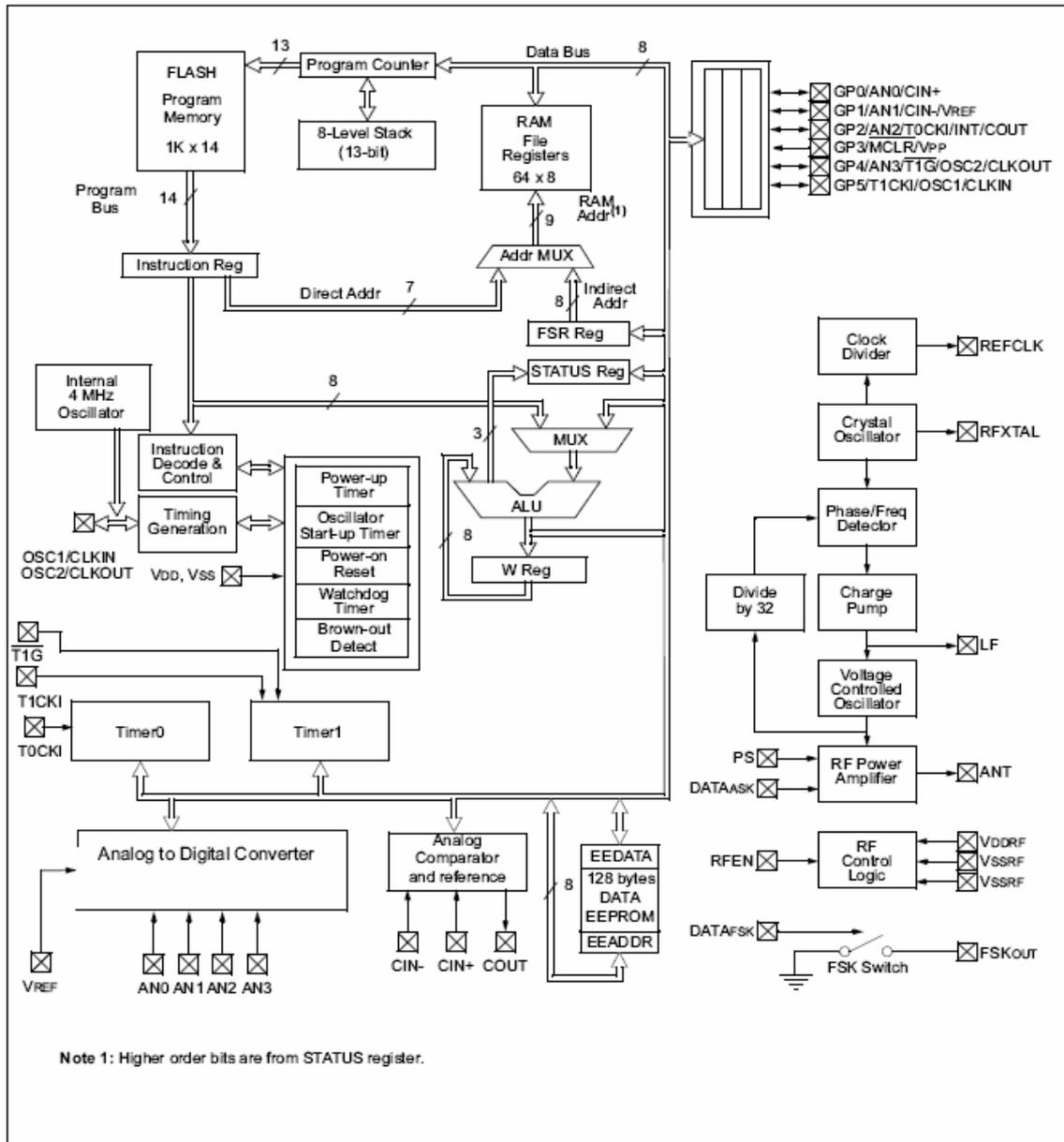
ASM.- Lenguaje de programación de bajo nivel aplicado a los microprocesadores y microcontroladores.

Cristal.- Oscilador de frecuencia basado el uso de cristal de cuarzo

ANEXOS

ANEXO I

Arquitectura del rPIC12F675K



Anexo II

Diagrama Esquemático del módulo transmisor

FIGURE 9-5: TYPICAL ASK TRANSMITTER SCHEMATIC

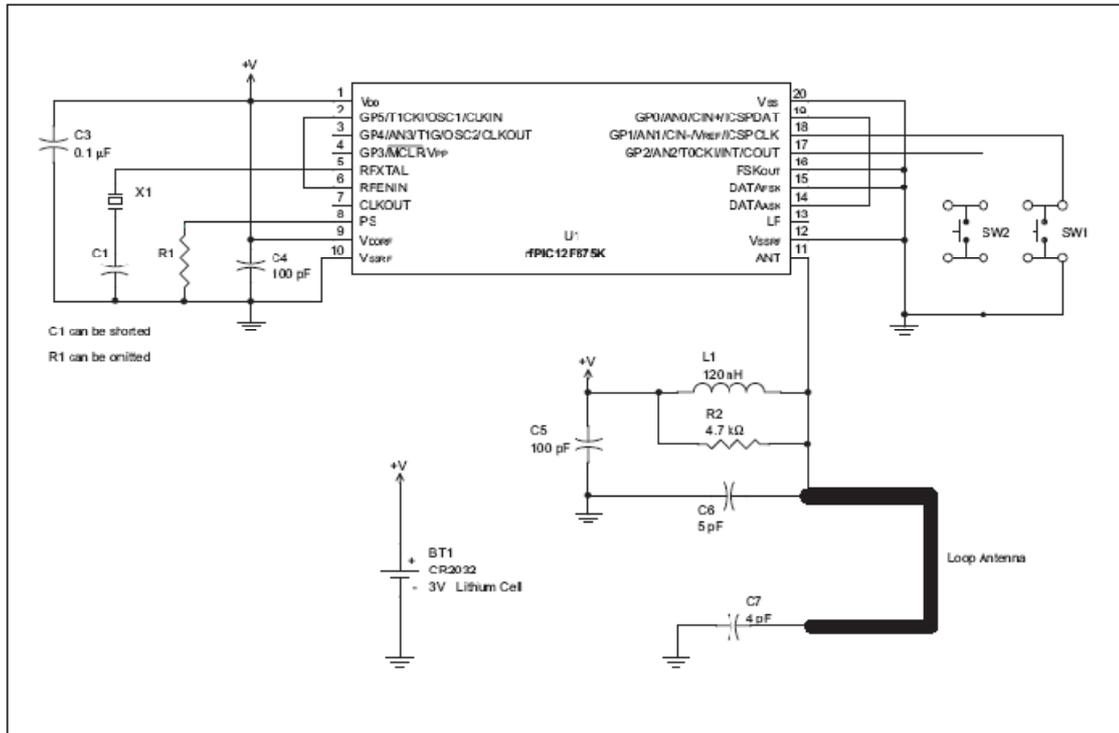
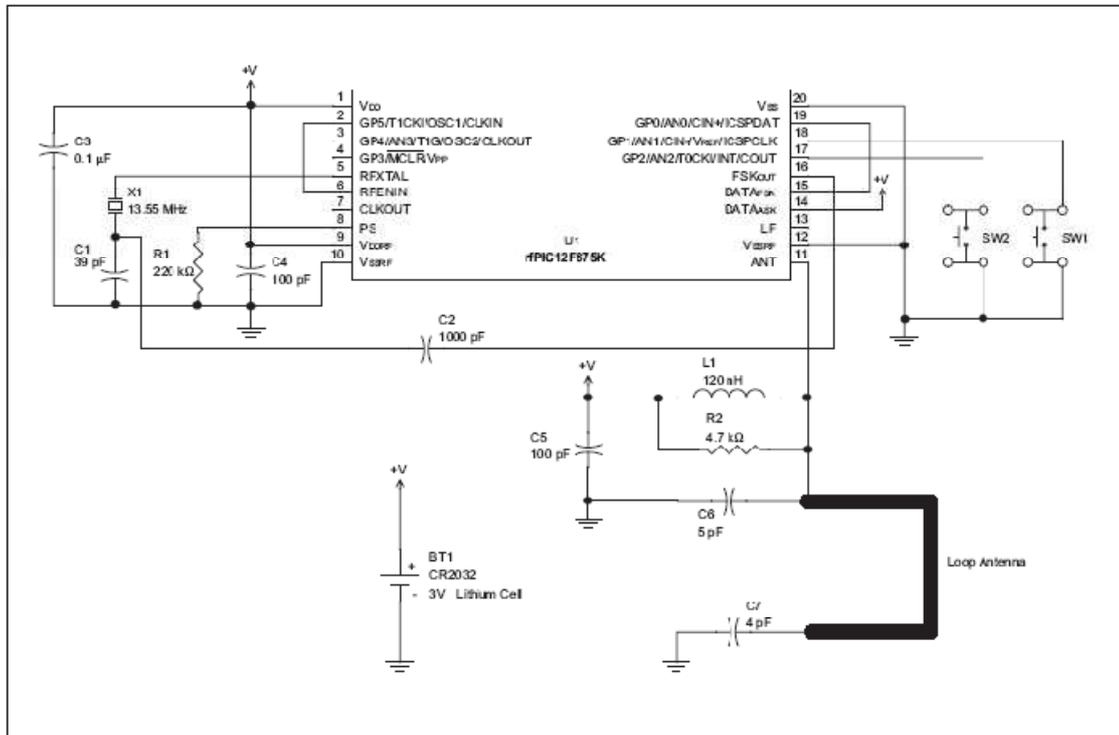
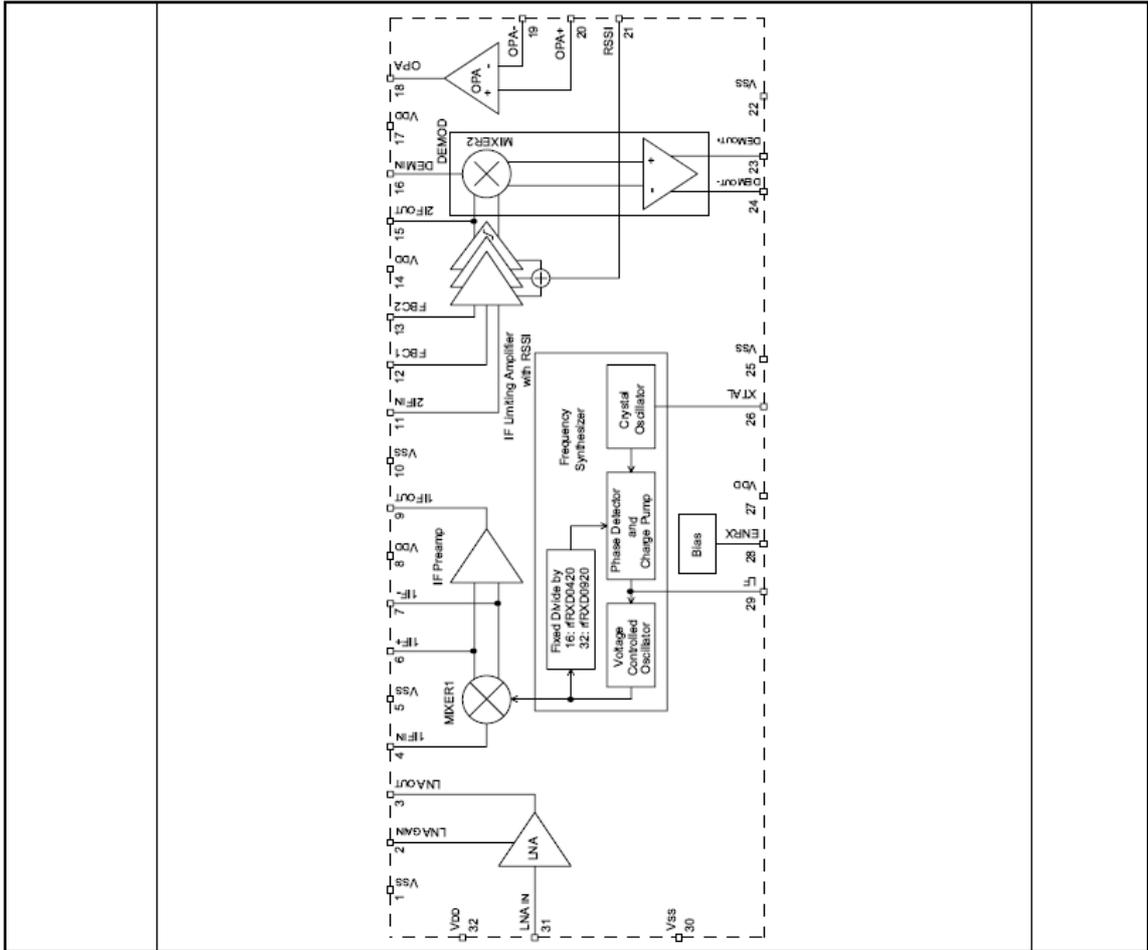


FIGURE 9-6: TYPICAL FSK TRANSMITTER SCHEMATIC



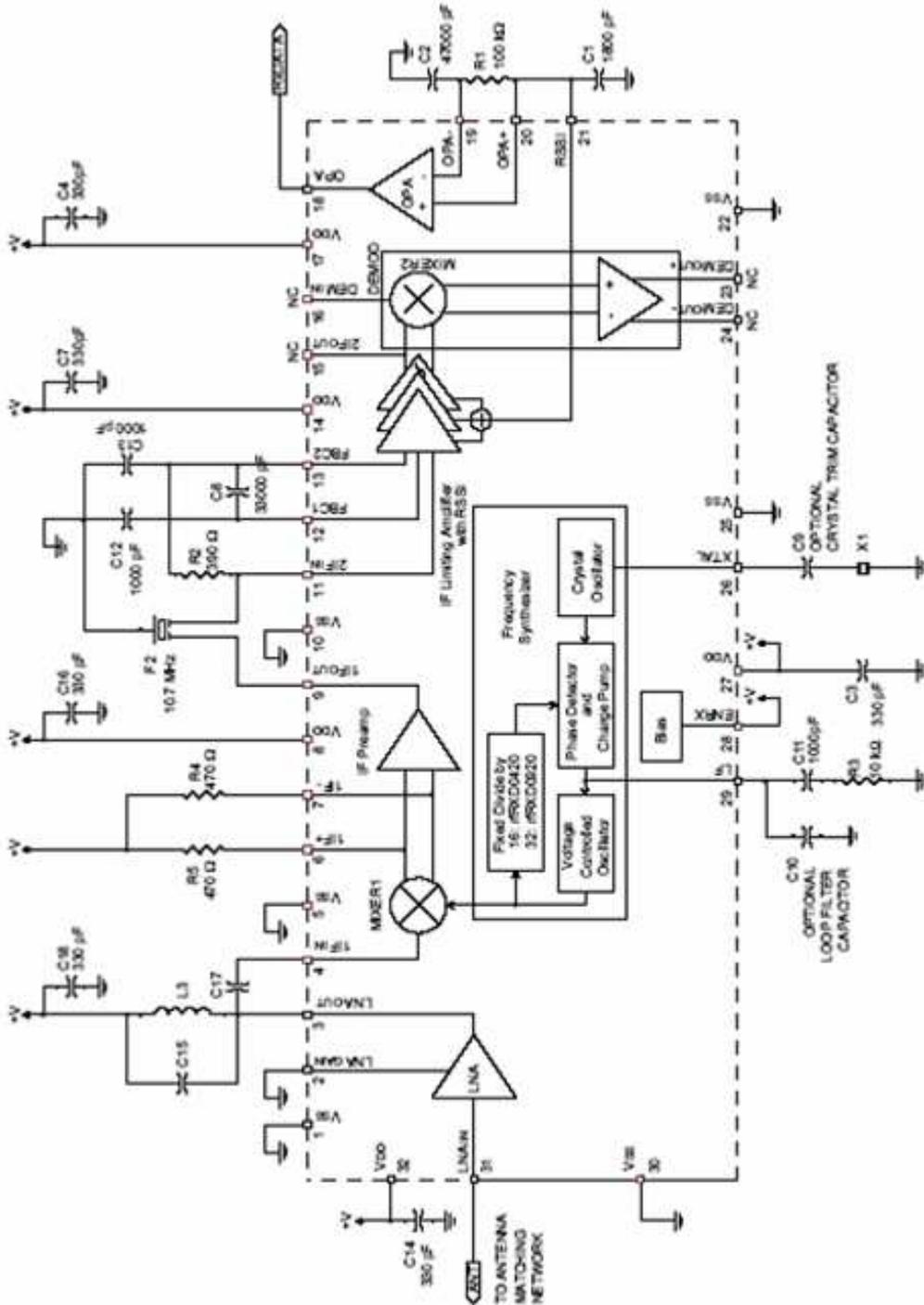
Anexo III

Arquitectura Interna del Módulo rfRXD0420



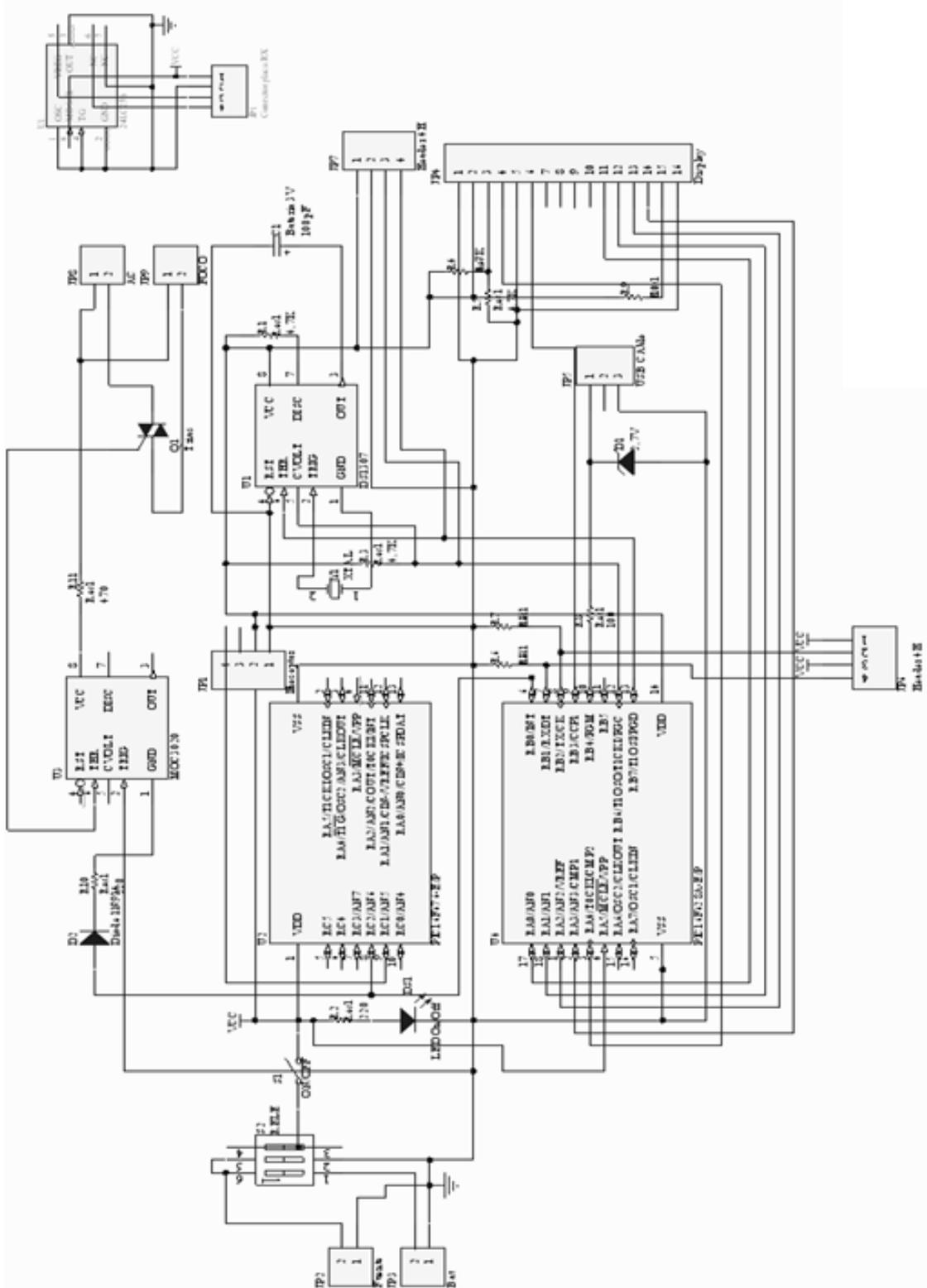
Anexo IV

Diagrama Esquemático del Módulo de Recepción



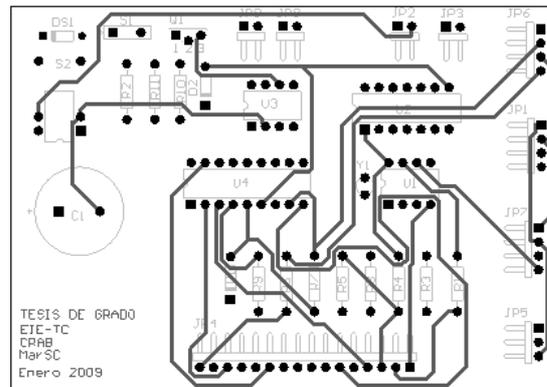
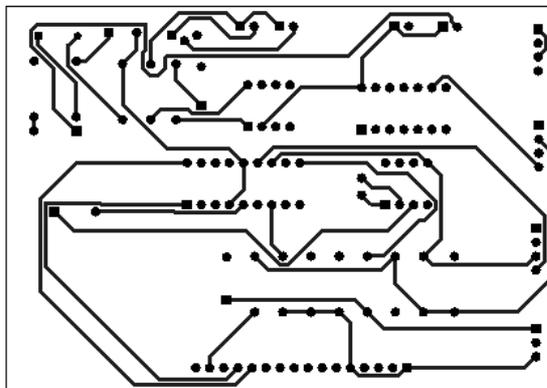
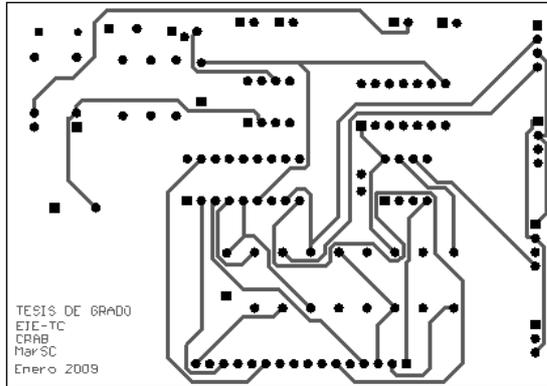
Anexo V

Diagrama Esquemático del Circuito para el MPC



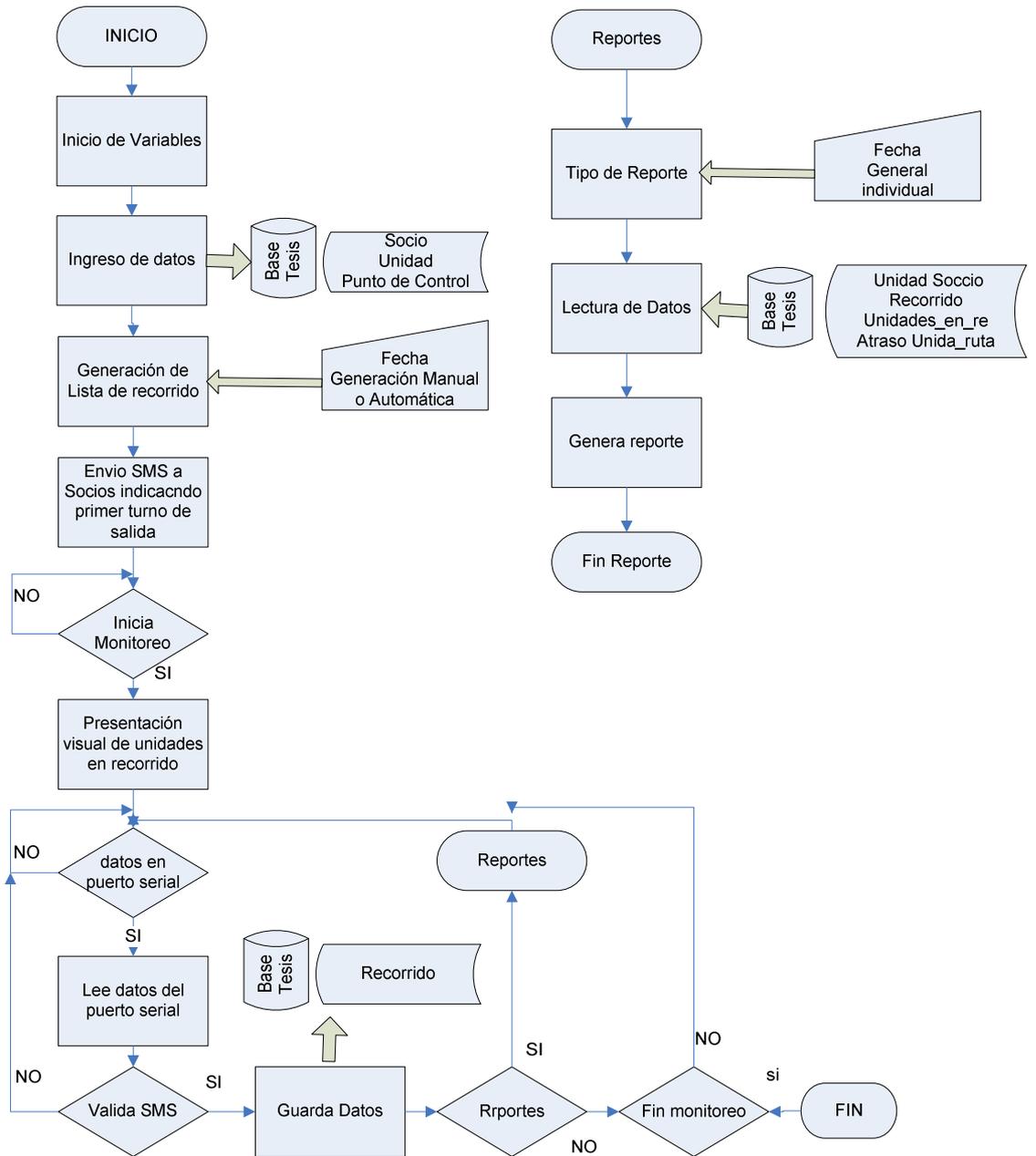
Anexo VI

Circuito Impreso del MPC



Anexo VII

Diagrama de Flujo del Software Aplicativo ISCODI



Anexo VIII

Este Anexo contiene la documentación final de la Tesis en un CD y está distribuida en carpetas de la siguiente manera:

Documento:

- Tesis Documento Final.doc

Programas:

- Trans_rfPIC.asm
- Recep_rfPIC.asm
- Rcv_displaydemo.asm
- Txmit.asm
- Reloj_LCD.pbp
- LecturaMemPC.pbp
- ISCODI.exe

Datasheet (Hoja de datos técnico):

- PIC16F628A
- PIC16F676
- PIC12F675
- rfPIC12F675K
- rFRXD0420
- DS1307
- 24LC256
- Nokia Port
- Comandos AT Nokia

IMÁGENES

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y DOCUMENTOS

ANGULO, J. Microcontroladores PIC: Diseño Práctico de aplicaciones. 3a.ed. Madrid – España:

McGraw-Hill, 2003. pp. 1-212

MORENO, H. Comunicaciones I. 1a.ed. Texto Básico, pp. 1-35

REYES, C.A. Microcontroladores PIC: Programación en Basic. 2da.ed. Quito: RISPERGRAF,

2006. pp. 1-142.

STANEK, R. SQL MANUAL DEL ADMINISTRADOR. 1a.ed. McGraw-Hill Interamericana, 2005. pp.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

DATASHEET 12F675

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41190E.pdf>

2008 08

DATASHEET 16F628A

http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/P/I/C/1/PIC16F628A-I_SO.shtml

2008 08

DATASHEET 16F676

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40039E.pdf>

2008 08

DATASHEET RFPIC12F675K

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70091a.pdf>

2008 08

DATASHEET RFRXD0420

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70090a.pdf>

2008 08

INTRODUCCIÓN A LOS MICROCONTROLADORES

<http://www.monografias.com/trabajos12/micrcont/micrcont.shtml>

2008 07

PRODUCTOS DE MICROCHIP

<http://www.microchip.com>

2008 07

TRANSMISIÓN RFPIC

<http://todopic.mforos.com/6510/3654698-circuito-para-rfpic-en-433mhs/>

2008 09

todopic.mforos.com/58527/1002749-necesito-ayudad-para-transmision-de-datos-por-rf/

2008 09