



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA EN
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL
ELECTRÓNICO PARA BLOQUEAR/DESBLOQUEAR AUTOMÓVILES
MEDIANTE MENSAJES SMS ENCRIPTADOS”**

TESIS DE GRADO

Previa obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN

Presentado por:

CUJANO REYES JUAN PABLO

RIOBAMBA – ECUADOR

2010

AGRADECIMIENTO

A DIOS:

Por ser el mejor de mis amigos; su fuerza es mi valor; su incomparable amor a mi vida; Padre Celestial gracias por ser el mejor motivo de mi existir

A mis Padres:

Pedro y Rosario, por su amor, confianza, oraciones y correcciones que diariamente me han dado. Ustedes son el mejor ejemplo y soporte de esfuerzo que tengo; mi mejor regalo y mi mayor bendición.

A mis hermanos:

Por su amor y amistad; por los juegos, las caídas y alegrías que hemos vivido. Por saber que cuento con ustedes y ustedes conmigo en todo momento.

Gracias a mis compañeros de carrera por los momentos que compartimos, las amanecidas, las horas de estudio compartidos, los festejos, las bromas e imborrables recuerdos que tendré por siempre en mi mente.

Gracias a las grandes personas que bendicen mi vida con su amistad en los buenos y malos momentos, por alegrarnos y sujetarnos en nuestros aciertos y desaciertos; en especial para aquella persona que siempre estará en mi corazón quien con su alegría me ayudo a recuperar mi confianza y poder terminar una etapa importante en mi vida profesional.

Finalmente, un agradecimiento especial a mis profesores, director de tesis, miembros de tesis y amigos de la facultad, por su paciencia y los conocimientos compartidos.

Gracias a todos...

Juan Pablo Cujano Reyes

DEDICATORIA

Todo esfuerzo que uno haga da satisfacciones y detrás de esto hay un apoyo, los cuales de diferente manera incitan a seguir luchando por llegar a ser lo que anhelamos.

Con esto me estoy refiriendo al pilar que ha sostenido mi vida desde el momento que existo, mis padres que son la imagen de personas responsables y de esfuerzo, a quienes quiero dedicarles con mucho cariño el resultado de un largo y arduo proceso que hoy es un proyecto fiel de lo que soy y quiero para mí.

A toda mi familia, quienes en el día a día pusieron su granito de arena para ahora alcanzar esta meta y ser la persona que soy.

Para aquella persona que me brindo su apoyo incondicional, su alegría, consejos, y comprensión; con quien disfrute los mejores momentos de mi vida y siempre estará dentro de mi corazón.

A todos quienes perdonar no es una tarea difícil y pedir perdón les permite crecer con la ayuda de otros; a todos quienes aprenden del ayer y reconstruyen su mañana.

Todas estas personas han sido el tesoro que Dios me envió para ayudarme a ser lo que soy un hombre feliz, capaz de amar y llegar a sus metas.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

**Ing. Iván Menes C
DECANO DE LA FACULTAD DE
INFORMÁTICA Y
ELECTRÓNICA**

.....

.....

**Ing. José Guerra
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN
TELECOMUNICACIONES Y
REDES**

.....

.....

**Ing. Franklin Moreno
DIRECTOR DE TESIS**

.....

.....

**Ing. Hugo Moreno
MIEMBRO TRIBUNAL**

.....

.....

**Tlgo. Carlos Rodríguez
DIRECTOR CENTRO
DOCUMENTACION**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

“Yo JUAN PABLO CUJANO REYES, soy el responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis, y el patrimonio intelectual de la misma pertenecen a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”.

Juan Pablo Cujano Reyes

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AMPS: Advanced Mobile Phone System

API: Application Program Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)

AT: Attention (Atención)

AWT: Abstract Windows Toolkit

BSS: Base Station System (Estación Base del sistema)

CDC: Connected Device Configuration (Configuración de dispositivos con Conexión)

CDMA: Code Division Multiple Access (Acceso múltiple por división de códigos)

CISC: Computadores de Juego de Instrucciones Complejo

CPU: Central Processing Unit (Unidad Central de Proceso)

CVM: Compact Virtual Machine (Maquina Virtual Compacta)

EEPROM: Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (Memoria de solo lectura programable y borrrable eléctricamente)

FDMA: Frequency División Múltiple Access (Acceso múltiple por división de frecuencia)

GFC: Generic Connection Framework (Marco general de conexión)

GPR: General Purpose Register (Registros de propósito general)

GPS: Global Positioning System (Sistema de posicionamiento mundial)

GPRS: General Packet Radio Service (Servicio general de paquetes vía radio)

GSM: Global System For Mobile (Sistema global para las comunicaciones)

HLR: Home Location Register (Registro de Localización Local)

IDS: Identification System (Señal de identificación del sistema)

IP: Internet Protocol (Protocolo de Internet)

ITU: International Telecommunications Union

JCP: Java Community Process

JME: Java Platform Micro Edition

JVM: Java Virtual Machine (Maquina virtual de Java)

LCD: Liquid Cristal Display (Pantalla de cristal liquido)

MMS: Multimedia Messaging System (Servicio de mensajes multimedia)

MS: Mobile Station (Estación Móvil)

MSSP: Master Synchronous Serial Port (Puerto serie síncrono maestro)

MTSO: Oficina de conmutación de Telefonía Móvil

NTT: Nippon Telegraph & Telephone Corp

OC: Onda Corta

OTP: One Time Programmable

P2P: Peer To Peer (Red entre pares)

PCS: Personal Communications Services

PDA: Personal Digital Assistant (Asistente digital personal)

PDC: Personal Digital Communications

PIC: Peripheral Interface Controller (Controlador de interfaz periférico)

PWN: Pulse Width Modulation (Modulación de ancho de impulsos)

RAM: Random Access Memory (Memoria de acceso aleatorio)

RISC: Reduced Instruction Set Computer (Computadores de juego de instrucciones reducido)

ROM: Read Only Memory (Memoria de solo lectura)

SFR: Special Function Register (Registro de funciones especiales)

SISC: Computadores de Juego de Instrucciones Específico

SME: Short Messaging Entities (Entidades de Mensajería Corta)

SMS: Short Message Service (Servicio de mensajes cortos)

SMSC: Short Message Service Center (Centro de Servicio de Mensaje Corto)

TDMA: Time División Múltiple Access (Acceso múltiple por división de tiempo)

USART: Universal Asynchronous Receiver - Transmitter (Transmisor-Receptor asíncrono universal)

VLR: Visitor Location Register (Registro de Localización del Visitante)

VM: Virtual Machine (Maquina Virtual)

WAP: Wireless Application Protocol (Protocolo de aplicaciones inalámbricas)

WCDMA: Wide Code Division Multiple Access

Wifi: Wireless Fidelity

WMA: Wireless Messaging API (API de mensajería inalámbrica)

WML: Wireless Markup Language

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1. Transmisión de radio onda corta.....	27
Figura II.2. Transmisión de radio dual.....	28
Figura II.3. Celdas divididas por área.....	29
Figura II.4. Frecuencias reutilizadas en células.....	30
Figura II.5. Torre de transmisión de telefonía celular.....	32
Figura II.6. Red de telefonía celular.....	33
Figura II.7. División de la frecuencia según los estándares.....	36
Figura II.8. Red Celular SMS.....	45
Figura III.9. Esquema de un microcontrolador.....	56
Figura III.10. Arquitectura Von Neumann.....	57
Figura III.11. Arquitectura Harvard.....	58
Figura III.12. Gama Enana Pic12F675.....	69
Figura III.13. Gama Media PIC16F84.....	70
Figura III.14. Microcontrolador 16F877A.....	72
Figura III.15. Diagrama de bloques PIC 16F877A.....	75
Figura IV.16. Esquema del sistema.....	80
Figura IV.17. Esquema del diseño hardware.....	82
Figura IV.18. Diagrama de flujo funcionamiento Hardware.....	83
Figura IV.19. Diagrama de flujo botón de pánico.....	84
Figura IV.20. Cable de datos DCU-11.....	87
Figura IV.21. Puerto de comunicación Sony Ericsson T290.....	87
Figura IV.22. Monitoreo de mensajes del sistema.....	90
Figura IV.23. Sistema bloqueado.....	91

Figura IV.24. Sistema desbloqueado.....	92
Figura IV.25. Diseño circuito impreso.....	93
Figura IV.26. Placa del Circuito.....	93
Figura IV.27. Funcionamiento del sistema.....	95
Figura IV.28. Código desbloquear sistema.....	95
Figura IV.29. Sistema desbloqueado.....	95
Figura IV.30. Código bloquear sistema.....	95
Figura IV.31. Sistema bloqueado.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.I. Características de la telefonía móvil.....	40
Tabla III.II. Nomenclatura del microcontrolador.....	71
Tabla III.III. Periféricos del microcontrolador.....	74
Tabla IV.IV. Características microcontrolador16F877A.....	85
Tabla IV.V. Tabla de códigos del sistema.....	92

ÍNDICE

CAPÍTULO I

1.1. ANTECEDENTES.....	17
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	18
1.3. OBJETIVOS.....	19
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES.....	19
1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	19
1.4. HIPOTESIS.....	20

CAPÍTULO II

2. TELEFONIA CELULAR.....	21
2.1. INTRODUCCIÓN.....	21
2.2. BREVE HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	22
2.3. GENERACIONES DE LA TELEFONÍA INALÁMBRICA.....	23
2.3.1. PRIMERA GENERACIÓN 1G.....	23
2.3.2. SEGUNDA GENERACIÓN 2G.....	23
2.3.3. LA TERCERA GENERACIÓN 3G.....	24
2.3.4. LA CUARTA GENERACIÓN 4G.....	25
2.4. REDES DE TELEFONÍA CELULAR.....	25
2.5. FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA CELULAR.....	26
2.6. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN LOS TELÉFONOS CELULARES.....	34
2.7. ACCESO A INTERNET POR TELÉFONO CELULAR.....	40
2.8. INFLUENCIA EN LA SOCIEDAD.....	40
2.9. SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS).....	42
2.9.1. DEFINICIÓN.....	42

2.9.2. BENEFICIOS DEL SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS).....	42
2.9.3. ELEMENTOS DE LA RED Y SU ARQUITECTURA.....	43
2.9.4. APLICACIONES PARA SMS.....	45
2.9.5. CLASIFICACIÓN APLICACIONES NO CONVENCIONALES.....	47
2.9.5.1 CLASIFICACIÓN POR ÁREA.....	47
2.9.5.2 CLASIFICACIÓN POR FUNCIÓN.....	49
2.10. JAVA.....	50
2.11. COMANDOS AT.....	51
2.11.1. INTRODUCCIÓN.....	51
2.11.2. CONTROL DE LLAMADA.....	52
2.11.3. COMANDOS SMS.....	53
CAPÍTULO III	
3. MICROCONTROLADORES.....	55
3.1. ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR?.....	56
3.2. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN MICROCONTROLADOR.....	56
3.3. ARQUITECTURA BÁSICA DE LOS MICROCONTROLADORES.....	57
3.3.1. ARQUITECTURA VON NEUMANN.....	57
3.3.2. LA ARQUITECTURA HARVARD.....	57
3.4. COMPONENTES DE UN MICROCONTROLADOR.....	58
3.4.1. PROCESADOR.....	58
3.4.1.1. CISC.....	59
3.4.1.2. RISC.....	59
3.4.1.3. SISC.....	59
3.4.2. MEMORIA.....	60

3.4.2.1. ROM CON MÁSCARA.....	60
3.4.2.2. OTP.....	60
3.4.2.3. EPROM.....	61
3.4.2.4. EEPROM, E2PROM o E ² PROM.....	61
3.4.2.5. FLASH.....	62
3.4.3. PUERTAS DE E/S.....	62
3.4.4. RELOJ PRINCIPAL.....	63
3.4.5. RECURSOS ESPECIALES.....	63
3.4.5.1. TEMPORIZADORES O TIMERS.....	64
3.4.5.2. PERRO GUARDIÁN O WATCHDOG.....	64
3.4.5.3. PROTECCIÓN ANTE FALLO DE ALIMENTACIÓN O BROWNOUT.....	65
3.4.5.4. ESTADO DE REPOSO Ó DE BAJO CONSUMO.....	65
3.4.5.5. CONVERTOR A/D (CAD).....	66
3.4.5.6. CONVERTOR D/A (CDA).....	66
3.4.5.7. COMPARADOR ANALÓGICO.....	66
3.4.5.8. MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSOS O PWM.....	66
3.4.5.9. PUERTOS DIGITALES DE E/S.....	67
3.4.5.10. PUERTAS DE COMUNICACIÓN.....	67
3.4.5.10.1. UART.....	67
3.4.5.10.2. USART.....	67
3.4.5.10.3. PUERTA PARALELA ESCLAVA.....	67
3.4.5.10.4. USB (Universal Serial Bus).....	67
3.4.5.10.5. BUS I2C.....	67
3.4.5.10.6. CAN (Controller Área Network).....	68

3.5. FAMILIA DE LOS PIC.....	68
3.5.1. INTRODUCCIÓN.....	68
3.5.2. LA FAMILIA PIC.....	68
3.5.2.1. GAMA ENANA. PIC12CXXX.....	68
3.5.2.2. GAMA BAJA. PIC16C5XX CON INSTRUCCIONES DE 12 BITS.....	69
3.5.2.3. GAMA MEDIA. PIC16CXXX CON INSTRUCCIONES DE 14 BITS.....	69
3.5.2.4. GAMA ALTA: PIC17CXXX CON INSTRUCCIONES DE 16 BITS.....	70
3.6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PIC16F877.....	71
3.6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PIC16F877.....	72
3.6.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PIC16F877.....	74
3.7. COMUNICACIÓN SERIAL.....	75
3.7.1. MODOS DE TRANSMISION.....	77
3.7.2. TRANSMISIÓN ASÍNCRONA.....	77
3.7.3. REGLAS DE TRANSMISIÓN ASÍNCRONA.....	78
CAPÍTULO IV	
4. DISEÑO DEL SISTEMA.....	80
4.1. PLANTEAMIENTO.....	80
4.2. REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS.....	81
4.2.1. HARDWARE.....	81
4.2.2. SOFTWARE.....	82
4.3. DISEÑO DE HARDWARE.....	82
4.3.1. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.....	84
4.4. DISEÑO DEL SOFTWARE.....	88
4.4.1. DISEÑO DEL SOFTWARE EN EL MICROCONTROLADOR PIC16F877A....	88

4.4.2. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL PIC16F877A.....	88
4.4.2.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES Y CONFIGURACIÓN DE REGISTROS Y PUERTOS.....	89
4.4.2.2. MONITOREO DE NUEVO MENSAJE EN EL CELULAR RECEPTOR.....	90
4.4.2.3. DECODIFICAR EL SMS Y VERIFICAR QUE TIPO DE COMANDO CONTIENE.....	91
4.4.2.4. EJECUTAR BLOQUEO DEL VEHÍCULO.....	91
4.4.2.5. EJECUTAR DESBLOQUEO DEL VEHÍCULO.....	91
4.4.2.6. CÓDIGOS QUE EL SISTEMA INTERPRETA PARA LA EJECUCIÓN.....	92
4.5. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE.....	93
4.5.1. CIRCUITO IMPRESO.....	93
4.5.2. DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS.....	93
4.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	94

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

CAPÍTULO I

1.1. ANTECEDENTES

Desde el inicio de la existencia de los seres vivos en el planeta aparece la comunicación; una necesidad para el conocimiento y entendimiento de las cosas. De la forma más primitiva para comunicarse, como los gestos, hemos llegado a teléfonos móviles y modernos equipos computacionales que unen grandes distancias en corto tiempo debido a la tecnología utilizada.

En los últimos años se ha registrado un incremento importante en el uso de dispositivos móviles. Actualmente un dispositivo móvil cumple con funciones de comunicación,

reproductor de audio, video, juegos, cámara fotográfica, televisión, radio, localización, etc.

Entre los servicios que los dispositivos móviles proveen se encuentran los de acceso a Internet, los de correo electrónico y uno de los más usados en la actualidad, mensajes de texto o Servicio de Mensajes Cortos (SMS). Sobre este servicio se han creado aplicaciones convencionales como chat a través de mensajes, otras que envían información del clima, chistes, horóscopos.

Otras usan estos mensajes para iniciar una descarga de contenido, ya sea imágenes, ringtones, videos, etc. Existen otras aplicaciones menos convencionales que las anteriores, que hacen uso de estos mensajes en sistemas informáticos que regularmente se componen de un cliente y un servidor.

Cada vez estas aplicaciones son más diversas, se les encuentra en áreas como salud, educación, industria, monitoreo y control de equipos, usándose para operaciones comerciales y de alertas entre muchas más.

1.2. JUSTIFICACION

Debido al explosivo uso de los celulares y la integración que sufren estos a lo largo del tiempo es muy atractivo como programador utilizar esta herramienta como un medio para generar aplicaciones que sean útiles y aplicables al mercado actual, es por esto que crear una aplicación que por medio de mensajes cortos de texto SMS se puedan controlar eventos con un microcontrolador no es algo fuera de nuestro alcance, y la

mejor forma de hacerlo es brindando seguridad a nuestro automóvil utilizando los mensajes SMS encriptados.

Para generar una transmisión segura de datos, debemos contar con un canal que sea seguro, debemos emplear técnicas de forma que los datos que se envían, garantizados en cuanto a que el receptor lo comprenda y sea idéntico al enviado por el emisor y que obviamente este codificado para evitar que sea interpretado por personas ajenas a la comunicación.

Al diseñar e implementar un sistema de control electrónico para un automóvil por medio de mensajes SMS encriptados el usuario puede bloquear su vehículo en el mismo instante que realice el mensaje de texto hacia el celular que está dentro del automóvil; se debe tomar en cuenta que el vehículo a ser bloqueado debe estar dentro del área de cobertura de la red de telefonía celular.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES

- Diseñar e implementar un sistema de control electrónico para bloquear/desbloquear un automóvil, mediante el servicio SMS encriptados desde un celular móvil.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar una interface de comunicación entre el teléfono celular y el PIC

- Diseñar un circuito para activar/desactivar el bloqueo del vehículo, utilizando el servicio SMS encriptados.
- Analizar algoritmos de encriptación e implementarlos en la transmisión de mensajes SMS.
- Estudiar la tecnología celular respecto al envío y recepción de mensajes SMS y aplicarlos al sistema de control.
- Proporcionar confiabilidad al usuario a través del sistema de control del automóvil.

1.4. HIPOTESIS

Al implementar el sistema de control electrónico, utilizando la telefonía celular mediante mensajes SMS encriptados se activara el bloqueo/desbloqueo del automóvil.

CAPITULO II

2. TELEFONIA CELULAR

2.1. INTRODUCCIÓN

Las tecnologías inalámbricas están teniendo mucho auge y desarrollo en estos últimos años, una de las que ha tenido un gran desarrollo ha sido la telefonía celular, desde sus inicios a finales de los 70s ha revolucionado enormemente las actividades que realizamos diariamente. Los teléfonos celulares se han convertido en una herramienta primordial para la gente común y de negocios, las hace sentir más segura y las hace más productivas.

A pesar que la telefonía celular fue concebida para la voz únicamente, debido a las limitaciones tecnológicas de esa época, la tecnología celular de hoy en día es capaz de

brindar otro tipo de servicios tales como datos, audio y video con algunas limitaciones, pero la telefonía inalámbrica del mañana hará posible aplicaciones que requieran un mayor consumo de ancho banda.

2.2. BREVE HISTORIA DE LA TELEFONÍA CELULAR

Martin Cooper fue el pionero en esta tecnología, a él se le considera como "el padre de la telefonía celular" al introducir el primer radioteléfono en 1973 en los Estados Unidos mientras trabajaba para Motorola; pero no fue hasta 1979 en que aparece el primer sistema comercial en Tokio Japón por la compañía NTT (Nippon Telegraph&Telephone Corp.)

En 1981 en los países Nórdicos se introduce un sistema celular similar a AMPS (Advanced Mobile Phone System). Por otro lado, en los Estados Unidos gracias a que la entidad reguladora de ese país adopta reglas para la creación de un servicio comercial de telefonía celular, en octubre de 1983 se pone en operación el primer sistema comercial en la ciudad de Chicago.

A partir de entonces en varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional alámbrica.

La tecnología inalámbrica tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio, por lo que hubo la imperiosa necesidad de desarrollar e implementar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales para darle cabida a más usuarios.

Para separar una etapa de la otra, a la telefonía celular se ha categorizado por generaciones. A continuación se describen cada una de ellas.

2.3. GENERACIONES DE LA TELEFONÍA INALÁMBRICA

2.3.1. PRIMERA GENERACIÓN 1G

La 1G de la telefonía móvil hizo su aparición en 1979, se caracterizó por ser analógica y estrictamente para voz. La calidad de los enlaces de voz era muy baja, baja velocidad (2400 bauds), la transferencia entre celdas era muy imprecisa, tenían baja capacidad (basadas en FDMA, Frequency Division Multiple Access) y la seguridad no existía. La tecnología predominante de esta generación es AMPS (Advanced Mobile Phone System).

2.3.2. SEGUNDA GENERACIÓN 2G

La 2G arribó hasta 1990 y a diferencia de la primera se caracterizó por ser digital. El sistema 2G utiliza protocolos de codificación más sofisticados y son los sistemas de telefonía celular usados en la actualidad. Las tecnologías predominantes son: GSM (Global System for Mobile Communications); IS-136 (conocido también como TIA/EIA-136 o ANSI-136) y CDMA (Code Division Multiple Access) y PDC (Personal Digital Communications), éste último utilizado en Japón.

Los protocolos empleados en los sistemas 2G soportan velocidades de información más altas para voz pero limitados en comunicaciones de datos. Se pueden ofrecer servicios auxiliares tales como datos, fax y SMS (Short Message Service).

La mayoría de los protocolos de 2G ofrecen diferentes niveles de encriptación. En los Estados Unidos y otros países se le conoce a 2G como PCS (Personal Communications Services).

La Generación 2.5g

Muchos de los proveedores de servicios de telecomunicaciones (carriers) se moverán a las redes 2.5G antes de entrar masivamente a 3G. La tecnología 2.5G es más rápida y más económica para actualizar a 3G.

La generación 2.5G ofrece características extendidas para ofrecer capacidades adicionales que los sistemas 2G tales como GPRS (General Packet Radio System), HSCSD (High Speed Circuit Switched Data), EDGE (Enhanced Data Rates for Global Evolution), IS-136B, IS-95B, entre otros. Los carriers europeos y de Estados Unidos se moverán a 2.5G en el 2001. Mientras que Japón ira directo de 2G a 3G también en el 2001.

2.3.3. LA TERCERA GENERACIÓN 3G

La 3G es tipificada por la convergencia de la voz y datos con acceso inalámbrico a Internet, aplicaciones multimedia y altas transmisiones de datos. Los protocolos empleados en los sistemas 3G soportan más altas velocidades de información enfocados para aplicaciones mas allá de la voz tales como audio (MP3), video en movimiento, video conferencia y acceso rápido a Internet, sólo por nombrar algunos. Se empezó las redes 3G a operar desde el 2001 en Japón por NTT DoCoMo, en Europa y parte de Asia a partir del 2002, posteriormente en Estados Unidos y otros países.

Los sistemas 3G alcanzaran velocidades de hasta 384 Kbps permitiendo una movilidad total a usuarios viajando a 120 kilómetros por hora en ambientes exteriores y alcanzará una velocidad máxima de 2 Mbps permitiendo una movilidad limitada a usuarios caminando a menos de 10 kilómetros por hora en ambientes estacionarios de corto alcance o en interiores. Entre las tecnologías contendientes de la tercera generación se encuentran UMTS (Universal Mobile Telephone Service), cdma2000, IMT-2000, ARIB [3GPP], UWC-136, entre otras.

El impulso de los estándares de la 3G está siendo apoyado por la ITU (International Telecommunications Union) y a este esfuerzo se le conoce como IMT-2000 (International Mobile Telephone).

2.3.4. LA CUARTA GENERACIÓN 4G

La cuarta generación es un proyecto a largo plazo que será 50 veces más rápida en velocidad que la tercera generación. Se planeo hacer todas las pruebas correspondientes de esta tecnología hasta el 2005 y empezaron comercializar la mayoría de los servicios desde el 2010.

2.4. REDES DE TELEFONÍA CELULAR

Básicamente podemos distinguir en el planeta dos tipos de redes de telefonía móvil, la existencia de las mismas es fundamental para que podamos llevar a cabo el uso de nuestro teléfono celular, para que naveguemos en internet o para que enviemos mensajes de texto como lo hacemos habitualmente.

La primera red es la Red de Telefonía móvil de tipo analógica (TMA), la misma establece la comunicación mediante señales vocales analógicas, tanto en el tramo radioeléctrico como en el tramo terrestre; la primera versión de la misma funcionó en la banda radioeléctrica de los 450 MHz, luego trabajaría en la banda de los 900 MHz, en países como España, esta red fue retirada el 31 de Diciembre de 2003.

Luego tenemos la red de telefonía móvil digital, aquí ya la comunicación se lleva a cabo mediante señales digitales, esto nos permite optimizar el aprovechamiento de las bandas de radiofrecuencia como la calidad de la transmisión de las señales. El exponente más significativo que esta red posee actualmente es el GSM y su tercera generación UMTS, ambos funcionan en las bandas de 850/900 MHz, en el 2004, llegó a alcanzar los 100 millones de usuarios.

Existe en América Latina otro estándar digital conocido como CDMA. En el cambio de servicios de emergencias como los bomberos, la policía, y el servicio de ambulancias los estándares son Terrestrial Trunked Radio y Tetrapol, las mismas funcionan en diferentes bandas de frecuencia.

2.5. FUNCIONAMIENTO DE LA TELEFONÍA CELULAR

Un teléfono celular es un dispositivo dual, esto quiere decir que utiliza una frecuencia para hablar, y una segunda frecuencia aparte para escuchar. Una radio OC tiene 40 canales. Un teléfono celular puede utilizar 1664 canales. Estos teléfonos también operan con "células" (o "celdas") y pueden alternar la célula usada a medida que el teléfono es desplazado.

Las células le dan a los teléfonos un rango mucho mayor a los dispositivos que lo comparamos. Un walkie-talkie puede transmitir hasta quizás una milla. Una radio OC, debido a que tiene un poder mucho más alto, puede transmitir hasta 5 millas.

Alguien que utiliza un teléfono celular, puede manejar a través de toda la ciudad y mantener la conversación todo el tiempo. Las células son las que dan a los teléfonos celulares un gran rango.

Los teléfonos celulares, por sofisticados que sean y luzcan, no dejan de ser radio transmisores personales.

Siendo un sistema de comunicación telefónica totalmente inalámbrica, los sonidos se convierten en señales electromagnéticas, que viajan a través del aire, siendo recibidas y transformadas nuevamente en mensaje a través de antenas repetidoras o vía satélite.

Para entender mejor cómo funcionan estos sofisticados aparatos puede ayudar compararlos con una radio de onda corta (OC) o con un walkie-talkie. Un radio OC es un aparato simple. Este permite que dos personas se comuniquen utilizando la misma frecuencia, así que sólo una persona puede hablar al tiempo.

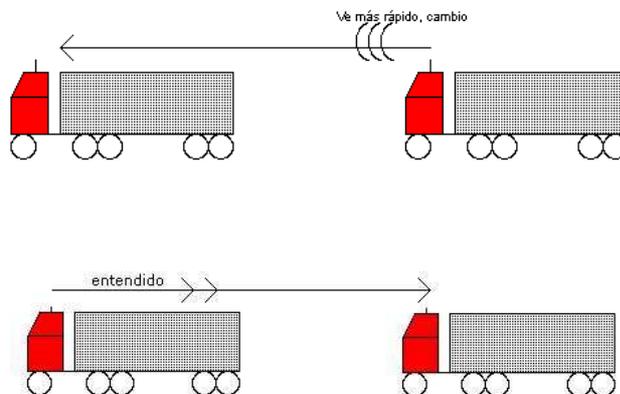


Figura II.1. Transmisión de radio onda corta

En un radio simple, ambos transmisores utilizan la misma frecuencia. Sólo uno puede hablar al tiempo

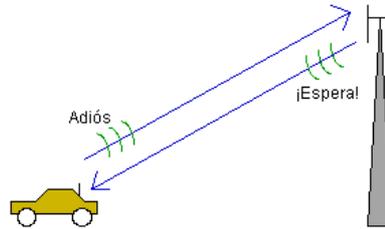


Figura II.2. Transmisión de radio dual

En un radio dual, los dos transmisores utilizan diferentes frecuencias, así que dos personas pueden hablar al mismo tiempo. Los teléfonos celulares son duales.

El teléfono celular estándar de la primera generación estableció un rango de frecuencias entre los 824 Megahertz y los 894 para las comunicaciones analógicas.

Para enfrentar la competencia y mantener los precios bajos, este estándar estableció el concepto de dos portadores en cada mercado, conocidos como portadores A y B. A cada portador se le da 832 frecuencias de voz, cada una con una amplitud de 30 Kilohertz. Un par de frecuencias (una para enviar y otra para recibir) son usadas para proveer un canal dual por teléfono. Las frecuencias de transmisión y recepción de cada canal de voz están separadas por 45 Megahertz. Cada portador también tiene 21 canales de datos para usar en otras actividades.

La genialidad del teléfono celular reside en que una ciudad puede ser dividida en pequeñas "células" (o celdas), que permiten extender la frecuencia por toda una ciudad. Esto es lo que permite que millones de usuarios utilicen el servicio en un territorio amplio sin tener problemas.

Se puede dividir un área (como una ciudad) en células. Cada célula es típicamente de un tamaño de 10 millas cuadradas (unos 26Km²). Las células se imaginan como unos hexágonos en un campo hexagonal grande, como este:

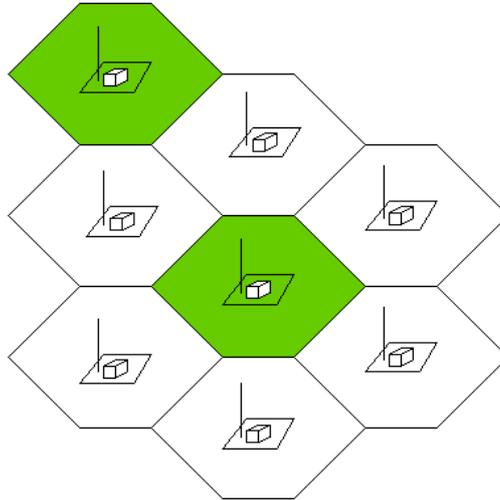


Figura II.3. Celdas divididas por área

Sin embargo, el tamaño de las células puede variar mucho dependiendo del lugar en que se encuentre. Las estaciones de base se separan entre 1 a 3 Km. en zonas urbanas, aunque pueden llegar a separarse por más de 35Km en zonas rurales.

En zonas muy densamente pobladas o áreas con muchos obstáculos (como ser edificios altos), las células pueden concentrarse en distancias cada vez menores. Algunas tecnologías, como los PCS (Personal Communication Services), requieren células muy cercanas unas de otras debido a su alta frecuencia y bajo poder en el que operan.

Los edificios pueden, a su vez, interferir con el envío de las señales entre las células que se encuentren más lejanas, por lo que algunos edificios tienen su propia "microcélula."

Los subterráneos son típicos escenarios donde una microcélula se hace necesaria.

Microcélulas pueden ser usadas para incrementar la capacidad general de la red en zonas densamente pobladas como ser los centros capitalinos.

Debido a que los teléfonos celulares y las estaciones de base utilizan transmisores de bajo poder, las mismas frecuencias pueden ser reutilizadas en células no adyacentes.

Cada celda en un sistema análogo utiliza un séptimo de los canales de voz disponibles. Eso es, una celda, más las seis celdas que la rodean en un arreglo hexagonal, cada una utilizando un séptimo de los canales disponibles para que cada celda tenga un grupo único de frecuencias y no haya colisiones entre células adyacentes.

Esta configuración puede verse en forma gráfica en la siguiente figura:

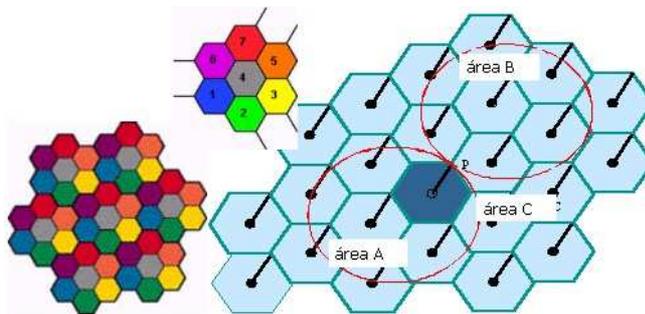


Figura II.4. Frecuencias reutilizadas en células

Puede observarse un grupo de células numerado en la parte superior. De esta forma, en un sistema analógico, en cualquier celda pueden hablar 59 personas en sus teléfonos celulares al mismo tiempo.

Con la transmisión digital, el número de canales disponibles aumenta. Por ejemplo el sistema digital TDMA puede acarrear el triple de llamadas en cada celda, alrededor de 168 canales disponibles simultáneamente.

Cada célula tiene una estación base que consta de una torre y un pequeño edificio en donde se tiene el equipo de radio. Cada célula utiliza un séptimo de los 416 canales duales de voz. Dejando entonces a cada célula aproximadamente los 59 canales disponibles nombrados anteriormente.

Los teléfonos celulares poseen unos transmisores de bajo poder dentro de ellos. Muchos teléfonos celulares tienen 2 fuerzas de señal: 0.6 Watts y 3 Watts (como comparación, la mayoría de los radios de onda corta transmiten a 5 Watts). La estación base también transmite a bajo poder.

Los transmisores de bajo poder tienen 2 ventajas:

El consumo de energía del teléfono, que normalmente opera con baterías, es relativamente bajo. Esto significa que bajo poder requiere baterías pequeñas, y esto hace posible que existan teléfonos que caben en la mano. A su vez aumenta en forma considerable el tiempo en que se puede usar el teléfono entre carga y carga de la batería.

Las transmisiones de las estaciones base y de los teléfonos no alcanzan una distancia más allá de la célula. Es por esto que en la figura de arriba en cada celda se pueden utilizar las mismas frecuencias sin interferir unas con otras.

Las transmisiones de la base central y de los teléfonos en la misma celda no salen de ésta. Por lo tanto, cada celda puede reutilizar las mismas 59 frecuencias a través de la ciudad.

La tecnología celular requiere un gran número de estaciones base para ciudades de cualquier tamaño. Una ciudad típica grande puede tener cientos de torres emisoras. Pero

debido a que hay tanta gente utilizando teléfonos celulares, los costos se mantienen bajos para el usuario. Cada portador en cada ciudad tiene una oficina central llamada MTSO. Esta oficina maneja todas las conexiones telefónicas y estaciones base de la región.



Figura II.5. Torre de transmisión de telefonía celular

Cuando el usuario desea realizar una llamada, el teléfono celular envía un mensaje a la torre solicitando una conexión a un número de teléfono específico. Si la torre dispone de los suficientes recursos para permitir la comunicación, un dispositivo llamado "switch" conecta la señal del teléfono celular a un canal en la red de telefonía pública.

La llamada en este momento toma un canal inalámbrico así como un canal en la red de telefonía pública que se mantendrán abiertos hasta que la llamada se concluya.

El diagrama que se muestra a continuación gráfica lo descrito anteriormente.

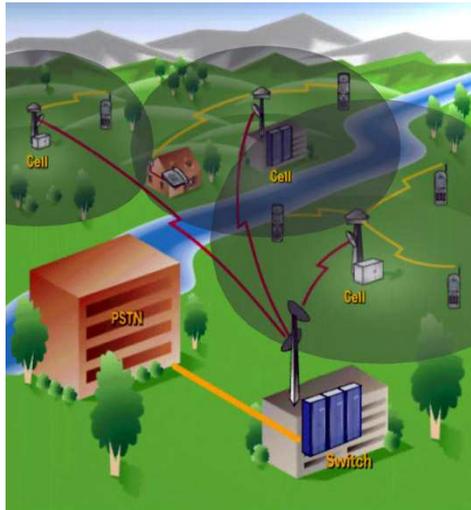


Figura II.6. Red de telefonía celular

Digamos que usted tiene un celular, lo enciende, y alguien trata de llamarle. La MTSO recibe la llamada, y trata de encontrarlo. Desde los primeros sistemas la MTSO lo encontraba activando su teléfono (utilizando uno de los canales de control, ya que su teléfono se encuentra siempre escuchando) en cada célula de la región hasta que su teléfono respondiera.

Entonces la estación base y el teléfono decidirán cuál de los 59 canales en su teléfono celular usará. Ahora estará conectado a la estación base y puede empezar a hablar y escuchar a medida que usted se mueva en la célula, la estación base notará que la fuerza de su señal disminuye.

Entretanto, la estación base de la célula hacia la que se está moviendo (que está escuchando la señal) será capaz de notar que la señal se hace más fuerte.

Las dos estaciones base se coordinan a sí mismas a través del MTSO, y en algún punto su teléfono obtiene una señal que le indica que cambie de frecuencia. Este cambio hace que su teléfono mute su señal a otra célula.

En sistemas modernos los teléfonos esperan una señal de identificación del sistema (IDS) del canal de control cuando se encienden. El teléfono también transmite una propuesta de registro y la red mantiene unos datos acerca de su ubicación en una base de datos (de esta forma es que la MTSO sabe en qué célula se encuentra si quiere timbrar su teléfono).

A medida que se mueve entre células, el teléfono detecta los cambios en la señal, los registra y compara para con los de la nueva célula cuando cambia de canal. Si el teléfono no puede hallar canales para escuchar se sabe que está fuera de rango y muestra un mensaje de "sin servicio".

Éste es, en forma bastante simplificada, el funcionamiento de la telefonía celular; abarcando desde el aspecto teórico en la división de las zonas geográficas en células, hasta el intercambio de ondas electro magnéticas necesario para establecer una sencilla comunicación entre dos teléfonos celulares.

Si bien puede enfocarse el tema de manera mucho más técnica, deteniéndose más en aspectos de frecuencia y amplitud de las ondas por ejemplo, preferimos darle un enfoque más general, dando sí algunos datos técnicos específicos que nos parecieron de mayor relevancia para el entendimiento general del tema.

2.6. TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN LOS TELÉFONOS CELULARES

Las tecnologías utilizadas actualmente para la transmisión de información en las redes son denominadas de acceso múltiple, debido a que más de un usuario puede utilizar cada una de las celdas de información. Actualmente existen diferentes métodos de acceso a las celdas:

- **FDMA** (*Acceso múltiple por división de frecuencia*): Accesa las celdas dependiendo de las frecuencias. Básicamente, separa el espectro en distintos canales de voz, al dividir el ancho de banda en varios canales uniformemente según las frecuencias de transmisión. Los usuarios comparten el canal de comunicación, pero cada uno utiliza uno de los diferentes subcanales particionados por la frecuencia. Mayormente es utilizada para las transmisiones analógicas, aún cuando es capaz de transmitir información digital (no recomendada).
- **TDMA** (*Acceso múltiple por división de tiempo*): Divide el canal de transmisión en particiones de tiempo. Comprime las conversaciones digitales y luego las envía utilizando la señal de radio por un período de tiempo. En este caso, distintos usuarios comparten el mismo canal de frecuencia, pero lo utilizan en diferentes intervalos de tiempo. Debido a la compresión de la información digital, esta tecnología permite tres veces la capacidad de un sistema analógico utilizando la misma cantidad de canales.
- **CDMA** (*Acceso múltiple por división de códigos*): Esta tecnología, luego de digitalizar la información la transmite a través de todo el ancho de banda del que se dispone, a diferencia de TDMA y FDMA. Las llamadas se superponen en el canal de transmisión, diferenciadas por un código de secuencia único. Esto permite que los usuarios compartan el canal y la frecuencia. Como es un método adecuado para la transmisión de información encriptada, se comenzó a utilizar en el área militar. Esta tecnología permite comprimir de 8 a 10 llamadas digitales para que ocupen lo mismo que ocupa una llamada analógica.

En la siguiente figura se muestra un gráfico comparativo del funcionamiento de las mencionadas tecnologías.

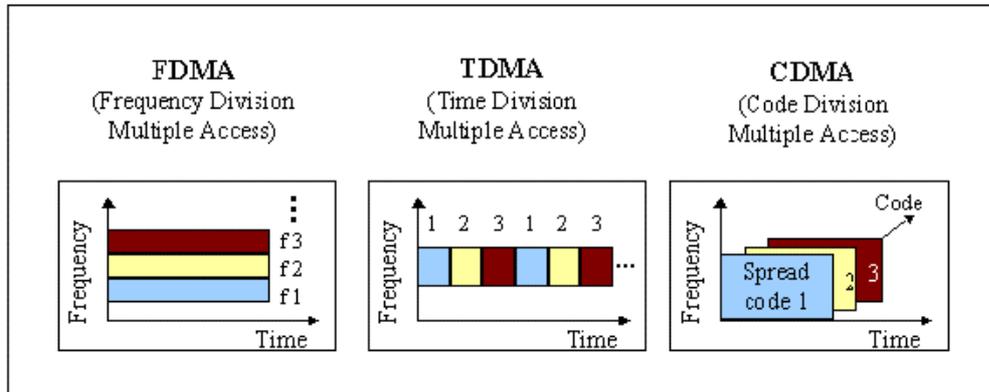


Figura II.7. División de la frecuencia según los estándares.

- **GSM** (Sistema Global para las comunicaciones móviles). Es un estándar mundial para teléfonos celulares, formalmente conocida como *Group Special Mobile* (**GSM**, Grupo Especial Móvil). Fue creado por CEPT (organismo internacional que agrupa a las entidades responsables en la Administración Pública de cada país europeo de las políticas y la regulación de las comunicaciones, tanto postales como de telecomunicaciones), y posteriormente desarrollado por ETSI (*European Telecommunications Standards Institute* – organización de estandarización de la industria de las telecomunicaciones de Europa con proyección mundial) para estandarizar la telefonía celular en Europa, luego adoptado por el resto del mundo. En el año 2001, el 70% de los usuarios de telefonía móvil en el mundo usaban GSM. Es un estándar abierto, no propietario y que se encuentra en desarrollo constante.

GSM emplea una combinación de TDMA y FDMA entre estaciones en un par de canales de radio de frecuencia duplex, con baja lupulización de frecuencia entre

canales. Como se explicó anteriormente, TDMA se utiliza para información digital codificada, por lo que GSM es un sistema diseñado para utilizar señales digitales, así como también, canales de voz digitales, lo que permite un moderado nivel de seguridad.

Existen cuatro versiones principales, basadas en la banda: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 y GSM-1900, diferenciándose cada una en la frecuencia de las bandas.

En GSM, las conexiones se pueden utilizar tanto a la voz, como a datos, lo que permitió el avance del envío y consumo de datos a través de los celulares. Los casos más comunes son las imágenes que se pueden enviar y recibir, y el uso de aplicaciones a través de los teléfonos móviles, tal es el caso de Internet.

Las implementaciones más veloces de GSM se denominan **GPRS** y **EDGE**, también denominadas generaciones intermedias, o 2.5G, que conducen a la tercera generación (3G), o **UMTS**.

- **GPRS** (*General Packet Radio Service*). Básicamente es una comunicación basada en paquetes de datos. En GSM, los intervalos de tiempo son asignados mediante una conexión conmutada, en tanto que en GPRS son asignados mediante un sistema basado en la necesidad a la conexión de paquetes. Es decir, que si no se envía ningún dato por el usuario, las frecuencias quedan libres para ser utilizadas por otros usuarios. Los teléfonos GPRS por lo general utilizan un puerto bluetooth para la transferencia de datos.

Es el sistema de telecomunicaciones móviles de tercera generación, que se espera que alcance unos 2000 millones de usuarios para el año 2010.

El principal avance radica en la tecnología **WCDMA** (*Wide Code Division Multiple Access*), heredada de la tecnología militar, a diferencia de GSM y GPRS que utilizan una mezcla de FDMA y TDMA. La principal ventaja de WCDMA es que la señal se expande en frecuencia gracias a un código de ensanchado que únicamente es conocido por el emisor y el receptor.

La técnica del espectro ensanchado permite que una señal se ensanche a lo largo de una banda muy ancha de frecuencias, mucho más amplia que el mínimo requerido para transmitir la información a enviar. Este aspecto trae muchas mejoras a los anteriores sistemas:

- Altas velocidades de transmisión (hasta 2 Mbps)
- Un grado de seguridad mayor.
- Gran eficacia en cuanto al acceso múltiple al canal.
- Alta resistencia a las interferencias.

El desarrollo de los protocolos de acceso a Internet a partir de los celulares se ha visto incrementado en los últimos años, y ha obligado a buscar protocolos y tecnología que permitan universalizar la transferencia y visualización de datos y aplicaciones a través de cualquier dispositivo, ya sea a partir de celulares como de PCs.

A continuación se muestra una tabla donde se especifican los diferentes servicios ofrecidos por cada una de estas tecnologías:

CARACTERÍSTICAS DE LA TELEFONÍA MÓVIL			
Tecnología	Servicio	Capacidad de datos	Inicio de operación esperada
GSM	Datos conmutados por circuitos basados en el estándar GSM 07.07	9.6 Kbps a 14.4 Kbps	Disponible actualmente a nivel mundial
	HSCSD	28.8 a 56 Kbps	Disponible actualmente, operación limitada.
	GPRS	IP y comunicaciones X.25 en el orden de Kbps	Disponible en el 2001
	EDGE	Comunicaciones IP a 384 Kbps. Posible compatibilidad con las redes IS-136	Periodo de pruebas en el 2001, lanzamiento del servicio en el 2002
	W-CDMA	Similar a EDGE pero son posibles velocidades a 2 Mbps en interiores.	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003
IS-136	Datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS-135	9.6 Kbps	Algunos carriers ofrecen el servicio, pero no se ha extendido como se esperaba debido a que los principales carriers ya ofrecían CDPD (Cellular Digital Packet Data)
	EDGE	Comunicaciones IP a 384 Kbps. Posible compatibilidad con las redes GSM	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003
	WCDMA (o Wideband TDMA, WTDMA)	Similar a EDGE pero incorpora velocidades a 2 Mbps en interiores	No hay planes de lanzamiento todavía definidos
CDMA	Datos conmutados por circuitos basados en el estándar IS-707	9.6 Kbps a 14.4 Kbps	Disponible actualmente por algunos carriers
	IS-95B	Comunicaciones IP	Lanzado en el mercado japonés

		a 64 Kbps	a principios del 2000
	CDMA20001XRTT	Comunicaciones IP a 144 Kbps	Periodo de pruebas en el 2001, lanzamiento del servicio en el 2002
	CDMA2000 3XRTT	Comunicaciones IP a 384 Kbps en exteriores y 2 Mbps en interiores	Lanzamiento inicial en el 2002 o 2003

Tabla II.I. Características de la telefonía móvil

2.7. ACCESO A INTERNET POR TELÉFONO CELULAR

Es una especificación de protocolos estándar para aplicaciones que utilizan los dispositivos de comunicación inalámbricos, aplicaciones como por ejemplo el acceso a Internet desde un celular, el acceso a correo electrónico, u otros.

El lenguaje primario del protocolo WAP es el **WML** (*Wireless Markup Language*), lenguaje interpretado por los navegadores WAP, de similares características al HTML.

Las nuevas versiones de WAP, utilizan XML que a futuro permitirá el verdadero acceso web para los dispositivos portátiles, utilizando un subconjunto de **XHTML** (*eXtensible Hyper Text Markup Language*, lenguaje pensado para sustituir a HTML como estándar para las páginas web) llamado **XHTML Basics**.

2.8. INFLUENCIA EN LA SOCIEDAD

Las comunicaciones móviles contribuyen a la eficiencia de las compañías, tanto en logística, marketing como en las comunicaciones internas mas allá de eso el teléfono móvil ha probado ser un instrumento valioso para la pequeña empresa y sus dueños.

Nuevos conceptos de servicios en el sector público han crecido alrededor de la telefonía móvil, por ejemplo, aquellos basados en SMS.

El celular es un elemento para comunicarse, pero con el avance de la tecnología nos da una comunicación que va más allá de esto. En las publicidades se hace hincapié en los diferentes usos que brinda el celular, más que en su objetivo principal: "el de comunicarse mediante un llamado telefónico". También apuntan a lo simbólico, en donde todo lo que el sujeto es, lo hace gracias a poseer un celular, "su" celular.

Las posibilidades que brindan los teléfonos celulares son infinitas, y ya se puede considerarlo como un objeto de uso personal, ya que el sujeto se identifica con el celular.

El gran avance tecnológico en la telefonía celular, ha permitido un crecimiento, tanto en el diseño de los celulares (su peso, grosor, pantalla color, cantidad de líneas, etc.), como en la innovación de accesorios disponibles para cada celular en particular.

Por ejemplo: manos libres con radio que permite sintonizar el dial que desee el consumidor y a su vez la posibilidad de hablar por teléfono sin tener que interrumpir sus actividades normales.

Las empresas a través de usos y características de los teléfonos crean una nueva necesidad para el usuario. Algunas de ellas son:

- Cámara de video fotográfica
- Juegos

- Mayor velocidad de conexión a Internet y descargas de la web; la persona puede enviar imágenes, mensajes o e-mails y también bajar ringstons, mp3, chat.
- Resolución de pantalla
- GSM
- Sonido polifónico
- Memoria
- Agenda
- Alarma

2.9. SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

2.9.1. DEFINICIÓN

Servicio de Mensajes Cortos (SMS) es servicio inalámbrico aceptado globalmente este permite la transmisión de mensajes alfanuméricos entre clientes de teléfonos móviles y sistemas externos tales como correo electrónico, paging (Servicio de radio unidireccional que permite el envío de mensajes escritos para los aparatos de paging numéricos o alfanuméricos) y sistemas de mensajes de voz.

2.9.2. BENEFICIOS DEL SERVICIO DE MENSAJES CORTOS (SMS)

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

- El aumento de llamadas gracias a las capacidades de notificación del SMS en las redes inalámbricas.
- Una alternativa al servicio de búsqueda de personas alfanumérico “Paging”.
- Activa el acceso inalámbrico a datos para usuarios de empresas.

- Provisiones de servicios con valor agregado como el e-mail, buzón de voz, la integración de fax, etc.
- Proporciona una herramienta administrativa para servicios como avisos de precios, descargas en forma inalámbrica.

Los beneficios del SMS a los clientes se centran en la conveniencia, flexibilidad y la integración de servicios de mensajes y acceso a datos.

Desde esta perspectiva, el beneficio es ser capaz de usar un equipo móvil como una extensión del computador.

2.9.3. ELEMENTOS DE LA RED Y SU ARQUITECTURA

Los elementos de red necesarios para proveer el servicio SMS, son:

- *Las Entidades de Mensajería Corta (Short Messaging Entities - SME):* Es una entidad que puede enviar o recibir mensajes cortos. Puede ser localizada en la red fija, la estación móvil u otro centro de servicio.
- *El Centro de Servicio de Mensaje Corto (Short Message Service Center-SMSC):* Es el responsable de la transmisión, almacenamiento y envío de mensajes cortos entre el SME y la estación móvil.
- *El Centro de Conmutación Móvil SMS (SMS Gateway/Interworking Mobile Switching Center - SMS GMSC):* Es un centro de conmutación de mensajes encargado de recibir el mensaje del SMSC, interrogar al registro de localización

local por la información de encaminamiento, y entregarlo al MSC que da servicio a la estación móvil.

- *Registro de Localización Local. (Home Location Register - HLR):* Es la base de datos para el almacenamiento permanente y manejo de perfiles de servicio y suscripciones. El HLR provee la información de encaminamiento hacia el cliente indicado. El HLR también informa al SMSC del intento de entrega de un mensaje corto a una estación móvil que ha resultado fallido.
- *Registro de Localización del Visitante (Visitor Location Register - VLR):* El VLR es la base de datos que contiene la información temporal acerca de los clientes. Esta información se necesita por el MSC (Mobile Switching Center - MSC) que ejecuta las funciones de conmutación del sistema y las llamadas de control hacia y desde otros teléfonos o sistemas de datos.
- *Estación Base del sistema. (Base Station System - BSS):* Todas las funciones relacionadas con la radio se ejecutan en la BSS, la cual consiste en unos controladores de estación base (Base Station Controllers - BSCs) y estaciones base transceptoras (Base Transceiver Stations - BTSs) que se encargan de transmitir la voz y el tráfico de datos entre las estaciones móviles.
- *La Estación Móvil (Mobile Station - MS):* Es el terminal inalámbrico capaz de recibir y originar mensajes cortos, así como llamadas de voz. La infraestructura

de señalización de la red inalámbrica está basada en el Sistema de Señalización N° 7 (SS7).

- *Sistema de Señalización N° 7 (Signalig System 7 – SS7)*. SMS hace uso de la Parte de Aplicación Móvil (Mobile Application Part - MAP), la cual define los métodos y mecanismos de comunicación en redes inalámbricas y usa los servicios de la Parte de Aplicación de Capacidades de Transacción de SS7 (SS7 Transaction Capabilities Application Part - TCAP). La capa de servicio de SMS hace uso de las capacidades de señalización del MAP y habilita la transferencia de mensajes cortos entre entidades pares.

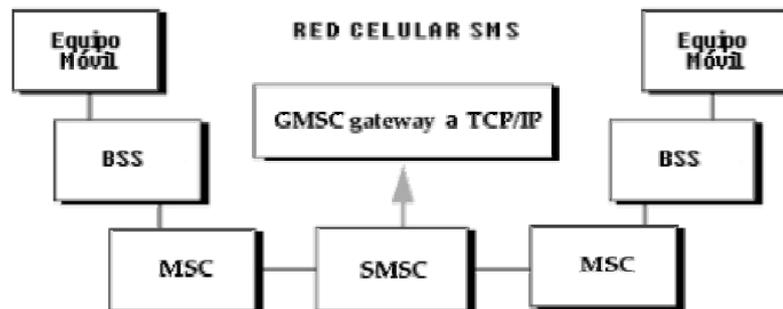


Figura II.8. Red Celular SMS

2.9.4. APLICACIONES PARA SMS

Los SMS fueron inicialmente diseñados para soportar mensajes de tamaño limitado, en la mayoría de los casos notificaciones o paginas alfanuméricas, pero se están descubriendo nuevos usos, que han hecho que este mercado explote.

- **Servicios de notificación:** Los servicios de notificación son unos servicios SMS ampliamente utilizados. Ejemplos de servicios de notificación usando SMS son

los mensajes de notificación de correo de voz, notificación de correo electrónico, recordatorio de citas, horarios de reuniones, etc.

- **Interconexión de redes de correo electrónico:** Los servicios de correo electrónico existentes pueden ser fácilmente integrados con SMS para proveer correo electrónico bidireccional a la mensajería corta.
- **Interconexión de redes de búsqueda:** Servicios de búsqueda integrados con SMS pueden permitir a los abonados inalámbricos digitales ser accesibles a través de interfaces de búsqueda existentes en otras redes.
- **Servicios de información:** Se puede proporcionar una amplia variedad de servicios de información, incluyendo partes meteorológicos, información del tráfico, información de entretenimiento (cines, teatros, conciertos), información financiera (cotizaciones de bolsa, servicios bancarios, servicios de corretaje, etc.), y directorios.
- **Servicios de datos móviles:** El SMSC también puede ser usado para enviar datos inalámbricos cortos. Los datos inalámbricos pueden ser servicios interactivos donde las llamadas de voz estén involucradas.

Algunos ejemplos de servicios de esta naturaleza incluyen despachos rápidos, manejo de inventarios, confirmación de itinerarios, procesamiento de órdenes de ventas y manejo de contactos de clientes.

- **Atención de clientes y administración:** El SMSC también puede ser usado para transferir datos binarios que pueden ser interpretados por la estación móvil, sin ser presentados al cliente. Esta capacidad le permite a los operadores administrar sus clientes al proveerlos de la capacidad de programar las estaciones móviles.

- **Servicios de localización:** La habilidad de rastrear la localización de un objeto móvil, o de un usuario, es muy valiosa tanto para los proveedores como para los clientes. Esta aplicación, de nuevo, solo necesita un intercambio de pequeñas cantidades de información, tales como la longitud y latitud en un momento preciso del día, y quizás otros parámetros como velocidad, temperatura o humedad.

2.9.5. CLASIFICACIÓN APLICACIONES NO CONVENCIONALES

Las aplicaciones no convencionales que utilizan mensajes SMS, aprovechan el amplio uso de los dispositivos móviles y la gran distribución de las redes de telefonía celular, local permite crear aplicaciones sin la necesidad de hacer fuertes inversiones en la red.

Además, se pueden almacenar los mensajes mientras el receptor no está disponible, la comunicación de los mensajes se puede realizar rápidamente, entre 8.9 y 11.1 segundos.

2.9.5.1 CLASIFICACIÓN POR ÁREA

Se clasificaron en relación con el área para la cual fueron diseñadas.

- **INDUSTRIA.** Se presenta una aplicación no convencional que utiliza SMS's en la industria, a partir de funciones de monitoreo en equipo industrial se envía un mensaje con una alerta para atender una probable contingencia o un problema real.
- **COMERCIO.** En esta área se encuentra el mayor número de aplicaciones, podemos encontrar aplicaciones que envían publicidad a los clientes de una

empresa, de vendedores que consultan saldos de productos, bancos que efectúan operaciones por SMS, empresas de paquetería que informan de la llegada de un paquete o sistemas que hacen pagos a través de mensajes SMS, entre otras.

- **EDUCACIÓN.** Donde se ubican aplicaciones que informan de reuniones a los padres, o permiten la consulta de calificaciones y asistencias a través de un SMS, o como apoyo durante la clase permiten a un estudiante responder un examen por este medio.
- **SALUD.** En esta área las aplicaciones se utilizan para hacer citas, enviar información clínica como niveles de azúcar en sangre, o como alarmas cuando un dispositivo que monitorea los signos vitales detecta un problema.
- **PROPUESTAS DE SEGURIDAD.** Aquí se encuentran propuestas que proponen la instalación de servicios de seguridad por ejemplo en pagos a proveedores de contenido, que permiten confidencialidad por algún método específico, seguridad en sistemas de pago a través del dispositivo móvil (m-payment). En México recientemente se ha autorizado el pago de servicios a través de un SMS enviado desde un teléfono celular.
- **APLICACIONES PARA PROVEEDORES DE SERVICIOS.** En esta clasificación se agrupan las aplicaciones que requieren la intervención de servicios que ofrecen los proveedores de telefonía celular.
- **OTRAS.** Como aplicaciones para el área de gobierno, consulta de llegada a una parada del transporte público a través de un SMS, relacionadas con agricultura o

ecología y que aprovechan la distribución de las redes celulares en lugares apartados para monitorear o enviar informes a través de un SMS. Control de dispositivos a través de un SMS de aire acondicionado, vehículos, control de equipos por voz, etc.

2.9.5.2 CLASIFICACIÓN POR FUNCIÓN

Además de la clasificación por área, se identificaron funciones para las cuales han sido utilizadas las aplicaciones que usan SMS. Algunas aplicaciones utilizan más de una de las siguientes funciones.

- **ALERTAS.** Aplicaciones que usan los SMS como alertas masivas en caso de contingencias como terremotos, huracanes, incendios o ataques terroristas. También otras que usan alertas basadas en la detección de parámetros preestablecidos, por ejemplo el aumento de plagas en la aplicación de agricultura , o la detección de una anomalía en la temperatura de un paciente, el goteo del suero.
- **INFORMACIÓN.** Una gran parte de las aplicaciones utilizan la información enviada hacia un equipo servidor para llevar un registro de operaciones, como en un sistema de franquicias que envía sus reportes de venta por mensajes SMS. Otras reciben información, por ejemplo de existencias de productos para ofrecer a sus clientes en una aplicación para vendedores, o una solicitud para devolver información, por ejemplo en un examen rápido para estudiantes.

- **MONITOREO.** Existen aplicaciones que tienen como función principal el monitoreo de parámetros y que utilizan SMS como el medio de comunicación para enviar un mensaje con información, como en un sistema de paquetería o una alerta en un sistema de monitoreo de pacientes.
- **CONTROL.** Finalmente, en esta clase se tienen aplicaciones que permiten manipular dispositivos a través de sistemas que usan SMS, por ejemplo en el prototipo de control de dispositivos por voz, que filtra comandos y los envía a través de un mensaje, o el prototipo para detener un vehículo robado para que se detenga a través de un módulo GSM que recibe un comando por un mensaje SMS.

2.10. JAVA

Java es el primer lenguaje que tiene la virtud de ser compilado e interpretado de forma simultánea. Cuando un programador realiza una aplicación o un Applet en Java y lo compila, en realidad, el compilador no trabaja como un compilador de un lenguaje al uso. El compilador Java únicamente genera el denominado ByteCode.

Este código es un código intermedio entre el lenguaje máquina del procesador y Java. Evidentemente este código no es ejecutable por sí mismo en ninguna plataforma hardware, pues no se corresponde con el lenguaje de ninguno de los procesadores que actualmente se conocen (habrá que esperar a ver qué ocurre con los procesadores Java). Por lo tanto, para ejecutar una aplicación Java es necesario disponer de un mecanismo que permita ejecutar el Byte Code. Este mecanismo es la denominada *Máquina Virtual Java*. En cada plataforma (Unix, Linux, Windows 95/NT, Macintosh, etc.) existe una

máquina virtual específica. Así que cuando el Byte Code llega a la máquina virtual, ésta lo interpreta pasándolo a código máquina del procesador donde se esté trabajando, y ejecutando las instrucciones en lenguaje máquina que se deriven de la aplicación Java. De este modo, cuando el mismo Byte Code llega a diferentes plataformas, éste se ejecutará de forma correcta, pues en cada una de esas plataformas existirá la máquina virtual adecuada. Con este mecanismo se consigue la famosa multiplataforma de Java, que con sólo codificar una vez, podemos ejecutar en varias plataformas.

2.11. COMANDOS AT

2.11.1. INTRODUCCIÓN

Los comandos AT son instrucciones codificadas que conforman un lenguaje de comunicación entre el hombre y un terminal modem. En un principio, el juego de comandos AT fue desarrollado en 1977 por Dennis Hayes como un interfaz de comunicación con un modem para así poder configurarlo y proporcionarle instrucciones, tales como marcar un número de teléfono.

Más adelante, con el avance del baudio, fueron las compañías Microcomm y US Robotics las que siguieron desarrollando y expandiendo el juego de comandos hasta universalizarlo. Los comandos AT se denominan así por la abreviatura de attention.

Aunque la finalidad principal de los comandos AT es la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM también ha adoptado como estándar este lenguaje para poder comunicarse con sus terminales.

De esta forma, todos los teléfonos móviles GSM poseen un juego de comandos AT específico que sirve de interfaz para configurar y proporcionar instrucciones a los terminales. Este juego de instrucciones puede encontrarse en la documentación técnica de los terminales GSM y permite acciones tales como realizar llamadas de datos o de voz, leer y escribir en la agenda de contactos y enviar mensajes SMS, además de muchas otras opciones de configuración del terminal.

La implementación de los comandos AT corre a cuenta del dispositivo GSM y no depende del canal de comunicación a través del cual estos comandos sean enviados, ya sea cable de serie, canal Infrarrojos, Bluetooth, etc. De esta forma, es posible distinguir distintos teléfonos móviles del mercado que permiten la ejecución total del juego de comandos AT o sólo parcialmente.

Por ejemplo, Nokia 6820 no permite la ejecución de comandos AT relativos al manejo de la memoria de agenda de contactos y llamadas pero sí que permite acceder al servicio SMS; Nokia 6600 (basado en Symbian) no permite la ejecución de comandos AT relativos a la gestión de la agenda ni de SMSs.

2.11.2. CONTROL DE LLAMADA

Estos son algunos de los comandos más comunes para el control de llamadas.

- AT Atención
- ATA Contestar llamada
- ATD Comando para Llamar
- ATH Desconectar una llamada

2.11.3. COMANDOS SMS

Un resumen de los comandos para GSM es:

1. Comandos generales

- AT+CGMI: Identificación del fabricante
- AT+CGSN: Obtener número de serie
- AT+CIMI: Obtener el IMSI.
- AT+CPAS: Leer estado del modem

2. Comandos del servicio de red

- AT+CSQ: Obtener calidad de la señal
- AT+COPS: Selección de un operador
- AT+CREG: Registrarse en una red
- AT+WOPN: Leer nombre del operador

3. Comandos de seguridad:

- AT+CPIN: Introducir el PIN
- AT+CPINC: Obtener el número de reintentos que quedan
- AT+CPWD: Cambiar password

4. Comandos para la agenda de teléfonos

- AT+CPBR: Leer todas las entradas
- AT+CPBF: Encontrar una entrada

- AT+CPBW: Almacenar una entrada
- AT+CPBS: Buscar una entrada

5. Comandos para SMS

- AT+CPMS: Seleccionar lugar de almacenamiento de los SMS
- AT+CMGF: Seleccionar formato de los mensajes SMS
- AT+CMGR: Leer un mensaje SMS almacenado
- AT+CMGL: Listar los mensajes almacenados
- AT+CMGS: Enviar mensaje SMS
- AT+CMGW: Almacenar mensaje en memoria
- AT+CMSS: Enviar mensaje almacenado
- AT+CSCA: Establecer el Centro de mensajes a usar
- AT+WMSC: Modificar el estado de un mensaje

CAPITULO III

3. MICROCONTROLADORES

3.1. ¿QUÉ ES UN MICROCONTROLADOR?

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar a cabo procesos lógicos. Estos procesos o acciones son programados en un lenguaje definido por el usuario, y son introducidos en este a través de un programador.

El microcontrolador incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y unidades de E/S (entrada/salida).

3.2. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN MICROCONTROLADOR

En esta figura, vemos al microcontrolador dentro de un encapsulado de circuito integrado, con su procesador (CPU), buses, memoria, periféricos y puertos de entrada salida.

Fuera del encapsulado se ubican otros circuitos para completar periféricos internos y dispositivos que pueden conectarse a los pines de entrada/salida.

También se conectarán a los pines del encapsulado la alimentación, masa, circuito de completamiento del oscilador y otros circuitos necesarios para que el microcontrolador pueda trabajar.

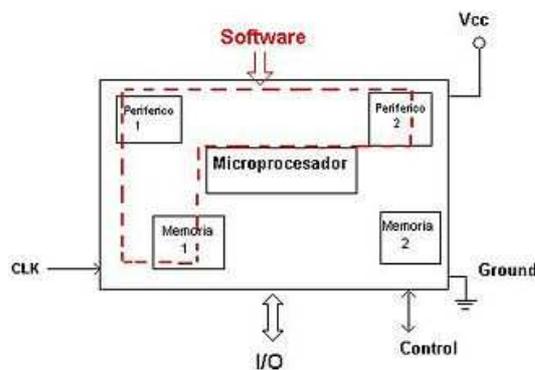


Figura III.9. Esquema de un microcontrolador.

Aun cuando el microcontrolador es una computadora dentro de un circuito integrado, se compone de un núcleo y un conjunto de circuitos adicionales.

Dentro del núcleo se encuentran el procesador y la memoria, todo ello estructurado de forma tal que conforme una arquitectura de computadora.

3.3. ARQUITECTURA BÁSICA DE LOS MICROCONTROLADORES

3.3.1. ARQUITECTURA VON NEUMANN

La arquitectura tradicional de computadoras y microprocesadores se basa en el esquema propuesto por John Von Neumann, en el cual la unidad central de proceso, o CPU, está conectada a una memoria única que contiene las instrucciones del programa y los datos.

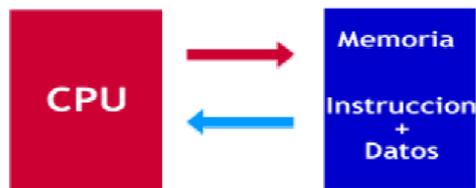


Figura III.10. Arquitectura Von Neumann

Las principales limitaciones de esta arquitectura son:

- La longitud de las instrucciones es limitada por la unidad de longitud de datos por lo que se tiene que hacer varios accesos a memoria para buscar instrucciones complejas.
- La velocidad de operación está limitada por el cuello de botella que se forma al tener un único bus de datos e instrucciones.

3.3.2. LA ARQUITECTURA HARVARD

La arquitectura conocida como Harvard, 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.

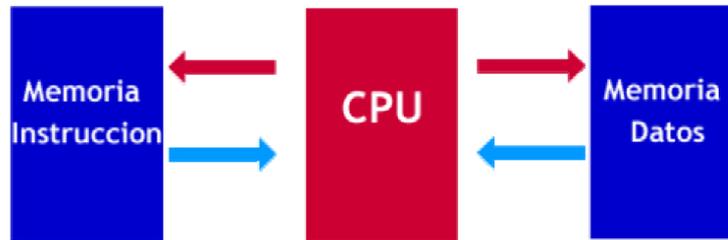


Figura III.11. Arquitectura Harvard

Las ventajas de esta arquitectura son:

- El tamaño de las instrucciones no está relacionado con el de los datos, por lo que permite que cada instrucción solo ocupe una sola posición de memoria de programa.
- La velocidad de acceso de aumenta al poseer acceso de instrucciones separado del acceso a los datos.

3.4. COMPONENTES DE UN MICROCONTROLADOR

3.4.1. PROCESADOR

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP 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.

3.4.1.1. 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 las tuviésemos que implementar con instrucciones básicas, acabaríamos con dolor de cabeza.

3.4.1.2. RISC

Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están decantándose 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.

3.4.1.3. 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).

3.4.2. MEMORIA

3.4.2.1. 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. Estos se fabrican en obleas que contienen varias decenas de chips.

Estas obleas se fabrican a partir de procesos fotoquímicos, donde se impregnan capas de silicio y oxido de silicio, y según convenga, se erosionan al exponerlos a la luz.

Como no todos los puntos han de ser erosionados, se sitúa entre la luz y la oblea una máscara con agujeros, de manera que donde deba incidir la luz, esta pasará. Con varios procesos similares pero más complicados se consigue fabricar los transistores y diodos micrométricos que componen un chip.

El elevado coste del diseño de la máscara sólo hace aconsejable el empleo de los microcontroladores con este tipo de memoria cuando se precisan cantidades superiores a varios miles de unidades.

3.4.2.2. OTP

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

La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas. Tanto en este tipo de memoria como en la EPROM, se suele usar la encriptación mediante fusibles para proteger el código contenido.

3.4.2.3. EPROM

Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read OnIy 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.

Las cápsulas son de material cerámico y son más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

3.4.2.4. EEPROM, E2PROM o E² PROM

Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read OnIy Memory). Tanto la programación como el borrado, serializan 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.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es infinito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Son muy idóneos para la enseñanza y la Ingeniería de diseño. Se va extendiendo en los fabricantes la tendencia de incluir una pequeña zona de memoria EEPROM en los circuitos programables para guardar y modificar cómodamente una serie de parámetros que adecuan el dispositivo a las condiciones del entorno. Este tipo de memoria es relativamente lenta.

3.4.2.5. 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. Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados en circuito, es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la tarjeta.

3.4.3. PUERTAS DE E/S

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 patas o pines 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.

3.4.4. 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.

3.4.5. RECURSOS ESPECIALES

Los principales recursos específicos que incorporan los microcontroladores son:

- Temporizadores o Timers.
- Perro guardián o Watchdog.
- Protección ante fallo de alimentación o Brownout.
- Estado de reposo o de bajo consumo (Sleep mode).
- Conversor A/D (Analógico ->Digital).
- Conversor D/A (Digital ->Analógico).

- Comparador analógico.
- Modulador de anchura de impulsos o PWM (Pulse Wide Modulation).
- Puertas de E/S digitales.
- Puertas de comunicación.

A continuación hablaremos de estos recursos especiales:

3.4.5.1. TEMPORIZADORES O TIMERS

Se emplean para controlar periodos de tiempo (temporizadores) y para llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior (contadores). Para la medida de tiempos se carga un registro con el valor adecuado y a continuación dicho valor se va incrementando o decrementando al ritmo de los impulsos de reloj o algún múltiplo hasta que se desborde y llegue a 0, momento en el que se produce un aviso.

Cuando se desean contar acontecimientos que se materializan por cambios de nivel o flancos en alguna de las patitas del microcontrolador, el mencionado registro se va incrementando o decrementando al ritmo de dichos impulsos.

3.4.5.2. PERRO GUARDIÁN O WATCHDOG

Cuando el computador personal se bloquea por un fallo del software u otra causa, se pulsa el botón del reset y se reinicia el sistema. Pero un microcontrolador funciona sin el control de un supervisor y de forma continuada las 24 horas del día. El Perro Guardián consiste en un contador que, cuando llega al máximo, provoca un reset automáticamente en el sistema.

Se debe diseñar el programa de trabajo que controla la tarea de forma que resetee al Perro Guardián de vez en cuando antes de que provoque el reset. Si falla el programa o se bloquea (si cae en bucle infinito), no se refrescará al Perro guardián y, al completar su temporización, provocará el reset del sistema.

3.4.5.3. PROTECCIÓN ANTE FALLO DE ALIMENTACIÓN O BROWNOUT

Se trata de un circuito que resetea al microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) es inferior a un voltaje mínimo (brownout). Mientras el voltaje de alimentación sea inferior al de brownout el dispositivo se mantiene reseteado, comenzando a funcionar normalmente cuando sobrepasa dicho valor. Esto es muy útil para evitar datos erróneos por transiciones y ruidos en la línea de alimentación.

3.4.5.4. ESTADO DE REPOSO Ó DE BAJO CONSUMO

Son abundantes las situaciones reales de trabajo en que el microcontrolador debe esperar, sin hacer nada, a que se produzca algún acontecimiento externo que le ponga de nuevo en funcionamiento.

Para ahorrar energía, (factor clave en los aparatos portátiles), los microcontroladores disponen de una instrucción especial (SLEEP en los PIC), que les pasa al estado de reposo o de bajo consumo, en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se congelan sus circuitos asociados, quedando sumido en un profundo sueño.

Al activarse una interrupción ocasionada por el acontecimiento esperado, el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

3.4.5.5. CONVERTOR A/D (CAD)

Los microcontroladores que incorporan un Conversor A/D (Analógico/Digital) pueden procesar señales analógicas, tan abundantes en las aplicaciones.

Suelen disponer de un multiplexor que permite aplicar a la entrada del CAD diversas señales analógicas desde las patillas del circuito integrado.

3.4.5.6. CONVERTOR D/A (CDA)

Transforma los datos digitales obtenidos del procesamiento del computador en su correspondiente señal analógica que saca al exterior por una de las patillas del chip. Existen muchos circuitos que trabajan con señales analógicas.

3.4.5.7. COMPARADOR ANALÓGICO

Algunos modelos de microcontroladores disponen internamente de un Amplificador Operacional que actúa como comparador entre una señal fija de referencia y otra variable que se aplica por una de las patitas de la cápsula. La salida del comparador proporciona un nivel lógico 1 ó 0 según una señal sea mayor o menor que la otra.

También hay modelos de microcontroladores con un módulo de tensión de referencia que proporciona diversas tensiones de referencia que se pueden aplicar en los comparadores.

3.4.5.8. MODULADOR DE ANCHURA DE IMPULSOS O PWM

Son circuitos que proporcionan en su salida impulsos de anchura variable, que se ofrecen al exterior a través de las patitas del encapsulado.

3.4.5.9. PUERTOS DIGITALES DE E/S

Todos los microcontroladores destinan parte de su patillaje a soportar líneas de E/S digitales. Por lo general, estas líneas se agrupan de ocho en ocho formando Puertos.

Las líneas digitales de las Puertos pueden configurarse como Entrada o como Salida cargando un 1 ó un 0 en el bit correspondiente de un registro destinado a su configuración.

3.4.5.10. PUERTAS DE COMUNICACIÓN

Con objeto de dotar al microcontrolador de la posibilidad de comunicarse con otros dispositivos externos, otros buses de microprocesadores, buses de sistemas, buses de redes y poder adaptarlos con otros elementos bajo otras normas y protocolos.

Algunos modelos disponen de recursos que permiten directamente esta tarea, entre los que destacan:

3.4.5.10.1. UART, adaptador de comunicación serie asíncrona. (Ej: Puerto Serie)

3.4.5.10.2. USART, adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona

3.4.5.10.3. PUERTA PARALELA ESCLAVA para poder conectarse con los buses de otros microprocesadores.

3.4.5.10.4. USB (Universal Serial Bus), que es un moderno bus serie para los PC.

3.4.5.10.5. Bus I2C, que es un interfaz serie de dos hilos desarrollado por Philips.

3.4.5.10.6. CAN (Controller Área Network), para permitir la adaptación con redes de conexión multiplexado desarrollado conjuntamente por Bosch e Intel para el cableado de dispositivos en automóviles.

3.5. FAMILIA DE LOS PIC

3.5.1. INTRODUCCIÓN

Los PIC son una familia de microcontroladores fabricados por Microchip cuya arquitectura, capacidades, juego de instrucciones y especialmente su bajo costo lo hacen muy útil en pequeñas aplicaciones así como parte de otras aplicaciones de mayor envergadura sustituyendo a gran cantidad de circuitos lógicos convencionales.

3.5.2. LA FAMILIA PIC

Existen PIC's de cuatro gamas distintas:

3.5.2.1. GAMA ENANA. PIC12CXXX

Se trata de un grupo de PIC de reciente aparición que ha acaparado la atención del mercado. Su principal característica es su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 patitas además de disponer de 6 líneas de E/S.

Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5 V y 5,5 V, y consumen menos de 2 mA cuando trabajan a 5 V y 4 MHz. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits y su repertorio es de 33 o 35 instrucciones, respectivamente.

Algunos modelos incluyen conversores A/D y memoria EEPROM de datos.

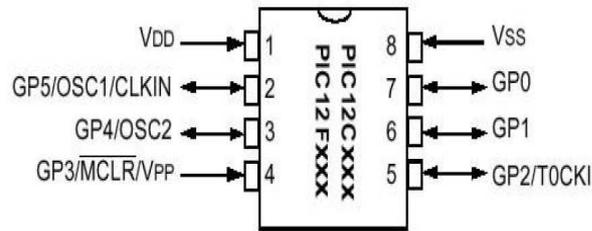


Figura III.12. Gama Enana Pic12F675

3.5.2.2. GAMA BAJA. PIC16C5XX CON INSTRUCCIONES DE 12 BITS

Con una memoria de programa (ROM o EPROM) de 12 bits y de 512, 1024 o 2048 palabras y una memoria de datos de 8 bits de 25, 72 o 73 bytes. Trabajan hasta 20 MHz y disponen de 12 o 20 líneas de E/S de alta corriente, un temporizador y de 33 instrucciones.

Además, como el resto de los PICs disponen de perro guardián, Autoinicialización (POR o Power on Reset), modo de bajo consumo (SLEEP), reloj interno mediante cristal o red RC y protección contra lectura del código.

3.5.2.3. GAMA MEDIA. PIC16CXXX CON INSTRUCCIONES DE 14 BITS

Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 patas hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos. Dentro de esta gama se halla el famoso PIC16X84 y sus variantes.

El ancho de la memoria de programa es de 14 bits, pudiendo ser ROM, EPROM o EEPROM. Incluyen interrupciones, conversores A/D, mayor número de temporizadores y otras características según el modelo. Su juego de instrucciones es de 35.

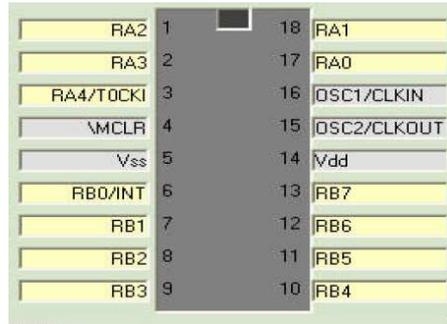


Figura III.13. Gama Media PIC16F84

3.5.2.4. GAMA ALTA: PIC17CXXX CON INSTRUCCIONES DE 16 BITS

Estos microcontroladores poseen un verdadero bus de datos y direcciones, pudiendo trabajar con memoria externa. El ancho de la memoria de programa es de 16 bits y el número de instrucciones aumenta a 55 o 58 según el modelo.

Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos. Para esto, las patitas sacan al exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control, a las que se conectan memorias o controladores de periféricos.

Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de patitas comprendido entre 40 y 44. Esta filosofía de construcción del sistema es la que se empleaba en los microprocesadores y no suele ser una práctica habitual cuando se emplean microcontroladores.

Microchip ha dividido sus microcontroladores en tres grandes subfamilias de acuerdo al número de bits de su bus de instrucciones:

Subfamilia	instrucciones	nomenclatura
Base - Line	33 instrucciones de 12 bits	PIC12XXX y PIC14XXX
Mid - Range	35 instrucciones de 14 bits	PIC16XXX
High - End	58 instrucciones de 16 bits	PIC17XXX y PIC18XXX

Tabla III.II. Nomenclatura del microcontrolador

Existen algunas excepciones, como el PIC16C5X que maneja 33 instrucciones de 12 bits (posee empaquetados de 18 y 28 pines y se energiza con 2.5 volts)

Algunos autores manejan una “*gama enana*” consistente en los PIC12C508 y PIC12C509 en empaque de 8 patitas y con un bus de instrucciones de 12 o de 14 bits.

3.6. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PIC16F877

El microcontrolador PIC16F877 de Microchip pertenece a una gran familia de microcontroladores de 8 bits (bus de datos) que tienen las siguientes características generales que los distinguen de otras familias:

- Arquitectura Harvard
- Tecnología RISC
- Tecnología CMOS

Estas características se conjugan para lograr un dispositivo altamente eficiente en el uso de la memoria de datos y programa y por lo tanto en la velocidad de ejecución.

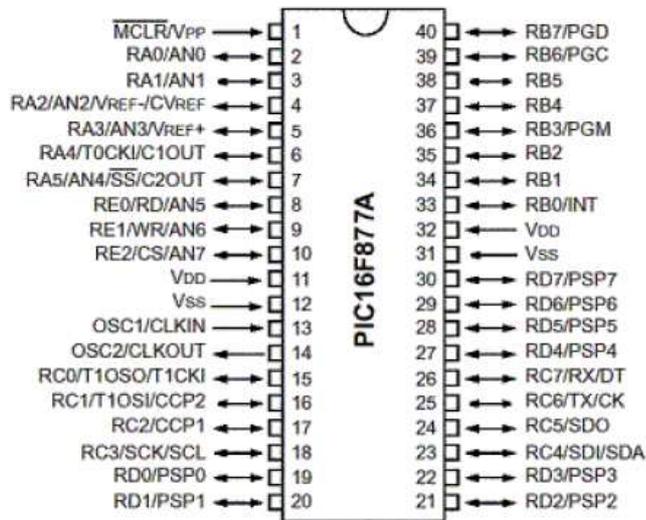


Figura III.14. Microcontrolador 16F877A

3.6.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PIC16F877

La siguiente es una lista de las características que comparte el PIC16F877 con los dispositivos más cercanos de su familia:

CPU:

- Tecnología RISC
- Sólo 35 instrucciones que aprender
- Todas las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto los saltos que requieren dos
- Frecuencia de operación de 0 a 20 MHz (200 nseg de ciclo de instrucción)
- Opciones de selección del oscilador

Memoria:

- Hasta 8k x 14 bits de memoria Flash de programa

- Hasta 368 bytes de memoria de datos (RAM)
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM
- Lectura/escritura de la CPU a la memoria flash de programa
- Protección programable de código
- Stack de hardware de 8 niveles

Reset e interrupciones:

- Hasta 14 fuentes de interrupción
- Reset de encendido (POR)
- Timer de encendido (PWRT)
- Timer de arranque del oscilador (OST)
- Sistema de vigilancia Watchdogtimer.

Otros:

- Modo SLEEP de bajo consumo de energía
- Programación y depuración serie “In-Circuit” (ICSP) a través de dos patitas
- Rango de voltaje de operación de 2.0 a 5.5 volts
- Alta disipación de corriente de la fuente: 25mA
- Rangos de temperatura: Comercial, Industrial y Extendido
- Bajo consumo de potencia:
 - Menos de 0.6mA a 3V, 4 Mhz
 - 20 μ A a 3V, 32 Khz
 - menos de 1 μ A corriente de standby (modo SLEEP).

Periféricos:

Periférico	PIC16F873 PIC16F876	PIC16F874 PIC16F877	Características
3 a 5 Puertos paralelos	PortA,B,C	PortA, B,C,D,E	con líneas digitales programables individualmente
3 Timers	Timer0	Timer0	Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador de 8 bits
	Timer1	Timer1	Contador/Temporizador de 16 bits con pre-escalador
	Timer2	Timer2	Contador/Temporizador de 8 bits con pre-escalador y post-escalador de 8 bits y registro de periodo
2 módulos CCP	Captura	Captura	16 bits, 1.5 nseg de resolución máxima
	Comparación	Comparación	16 bits, 200 nseg de resolución máxima
	PWM	PWM	10 bits
1 Convertidor A/D	AN0,...,AN4	AN0,...,AN7	de 10 bits, hasta 8 canales
Puertos Serie	SSP	SSP	Puerto Serie Síncrono
	USART/SCI	USART/SCI	Puerto Serie Universal
	ICSP	ICSP	Puerto serie para programación y depuración "in circuit"
Puerto Paralelo Esclavo	PSP	PSP	Puerto de 8 bits con líneas de protocolo

Tabla III.III. Periféricos del microcontrolador

3.6.2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PIC16F877

En la siguiente figura se muestra a manera de bloques la organización interna del PIC16F877, se muestra también junto a este diagrama su diagrama de patitas, para tener una visión conjunta del interior y exterior del Chip.

La comunicación serial es utilizada en casi todas las comunicaciones y redes de computadoras, porque los costos de los cables y dificultades de sincronización hacen a la comunicación paralela poco practica.

Se puede establecer canales para la comunicación de acuerdo a tres técnicas, siempre tomando al microprocesador o microcontrolador como referencia (transmisor) y al periférico como destino (receptor):

- Simplex
- Semi dúplex (Half dúplex)
- Totalmente dúplex (full dúplex)

Simplex: En ella la comunicación serie usa una dirección y una línea de comunicación. Siempre existirá un trasmisor y un receptor, no ambos.

La ventaja de este sistema consiste en que es necesario solo un enlace a dos hilos. La desventaja radica en que el extremo receptor no tiene ninguna forma de avisar al extremo transmisor sobre su estado y sobre la calidad de la información que se recibe. Esta es la razón por la cual, generalmente, no se utiliza.

Semi dúplex: la comunicación serie se establece de una sola línea, pero en ambos sentidos. En un momento el trasmisor enviara información y el otro recibirá, por lo que no se puede transferir información en ambos sentidos de forma simultánea.

Este modo permite la transmisión desde el extremo receptor de la información, sobre el estado de dicho receptor y sobre la calidad de la información recibida por lo que permite así la realización de procedimientos de detección y corrección de errores.

Full dúplex: se utilizan dos líneas (una transmisora y otra receptora) y se transfiere información en ambos sentidos. La ventaja de este método es que se puede transmitir y recibir información de manera simultánea.

La mayoría de los dispositivos especializados para la comunicación prefieren transferir información tanto en full dúplex como en half dúplex.

3.7.1. MODOS DE TRANSMISION

Existen dos modos básicos para realizar la transmisión de datos y son:

- Asíncrono
- Síncrono

Las transmisiones asíncronas son aquellas en que los bits constituyen el código de un carácter, se emiten con la ayuda de impulsos secundarios que permiten mantener en sincronismo los dos extremos.

En las transmisiones síncronas los caracteres se transmiten consecutivamente, no existiendo ni bit de inicio ni bit de parada entre los caracteres, estando dividida la corriente de caracteres en bloques, enviándose una secuencia de sincronización al inicio de cada bloque.

3.7.2. TRANSMISIÓN ASÍNCRONA

Cuando se opera en modo asíncrono no existe una línea de reloj que establezca la duración de un bit y el carácter puede ser enviado en cualquier momento. Esto con lleva que cada dispositivo tiene su propio reloj y que previamente se ha acordado que ambos

dispositivos transmitirán a la misma velocidad. No obstante, en un sistema digital, un reloj es normalmente utilizado para sincronizar la transferencia de datos entre las diferentes partes del sistema.

El reloj definirá el inicio y el fin de cada unidad de información así como la velocidad de transmisión. En realidad, la frecuencia con que el reloj muestrea la línea de comunicación es mucho mayor que la cadencia con que llegan los datos. Por ejemplo, si los datos están llegando a una cadencia de 2400 bps, el reloj examinará la línea unas 19200 veces por segundo, es decir, ocho veces la cadena binaria.

El tiempo por bit en una línea en que se transfiere la información a 2400 bps es de unos 416 microsegundos ($1 \text{ seg}/2400$). Una frecuencia de muestreo de 2400 veces por segundo nos permitirá muestrear el principio o el final del bit.

3.7.3. REGLAS DE TRANSMISIÓN ASÍNCRONA

La transmisión asíncrona que vamos a ver es la definida por la norma RS232, en la que profundizaremos más adelante y que se basa en las siguientes reglas:

- Cuando no se envía datos por la línea, esta se mantiene en estado alto (1).
- Cuando se desea transmitir un carácter, se envía primero un bit de inicio que pone la línea de estado bajo (0) durante el tiempo de un bit.
- Durante la transmisión, si la línea está a nivel bajo, se envía un 0 y si está a nivel alto se envía un 1.
- A continuación se envían todos los bits del mensaje a transmitir con los intervalos que marca el reloj de transmisión. Por convenio transmiten entre 5 y 8 bits.

- Se envía primero el bit menos significativo, siendo el más significativo el último en enviarse.
- A continuación del último bit del mensaje se envía el bit (o los bits) del final que hace que la línea se ponga a 1 por lo menos durante el tiempo mínimo de un bit. Estos bits pueden ser un bit de paridad para detectarse errores y un bit o bits de stop, que indican el fin de la transmisión de un carácter.

Los datos codificados por esta regla, pueden ser recibidos siguiendo los pasos siguientes:

- Esperar la transición 1 o 0 en la señal recibida.
- Activar el reloj con una frecuencia igual a la del transmisor.
- Muestrear la señal recibida al ritmo de ese reloj para formar el mensaje.
- Leer un bit más de la línea y comprobar si es 1 para confirmar que no ha habido error en la sincronización.

CAPITULO IV

4. DISEÑO DEL SISTEMA

4.1. PLANTEAMIENTO

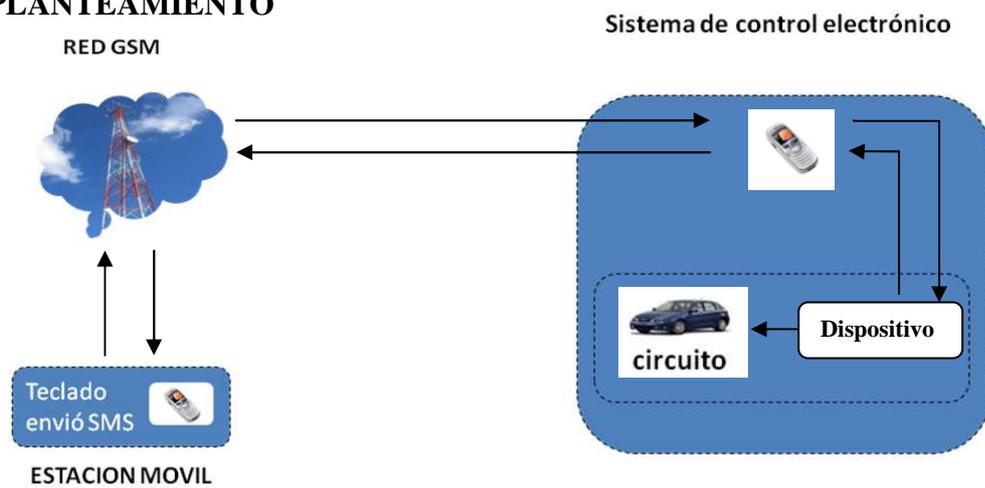


Figura IV.16. Esquema del sistema

En este capítulo se detalla cada uno de los procedimientos seguidos para el diseño y construcción del hardware del sistema. Para iniciar, en la Figura IV.16 se muestra todas las etapas que conforman el hardware del equipo.

Para explicar la forma gráfica el funcionamiento del hardware, se hará uso de las funciones que el sistema realizará.

1. Bloqueo/Desbloqueo del vehículo y confirmación.
2. Llamada de emergencia.

La implementación del sistema consiste en conectar un PIC a un móvil a través de una comunicación serie, y mandar desde el móvil al teléfono los comandos necesarios para mandar un SMS y leer un SMS recibido en el móvil.

4.2. REQUERIMIENTOS TECNOLÓGICOS

A continuación se detalla los requerimientos necesarios del sistema:

4.2.1. HARDWARE

- Microcontrolador PIC 16f877A
- Modem GSM (Sony Ericsson T290)
- Cable de comunicación (DCU-11)
- Cristal a 20Mhz
- Relés
- LM7805
- Transistores

4.2.2. SOFTWARE

- Sistema operativo Windows XP
- Microsoft Office 2007
- Pic Basic Pro 2.4 (PBP)
- Proton IDE
- MELABS

4.3. DISEÑO DE HARDWARE

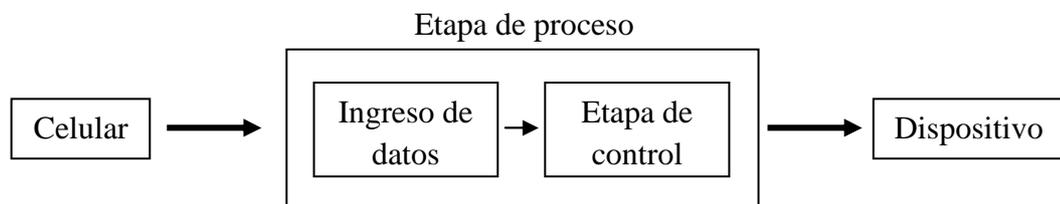


Figura IV.17. Esquema del diseño hardware

Para activar/desactivar el relé que controlará el bloqueo/desbloqueo del sistema eléctrico del vehículo, el hardware trabajara de la siguiente manera:

Primero se escribe un mensaje de texto con el código correspondiente, desde la estación móvil se enviará un mensaje SMS, este mensaje, una vez que llegue al sistema, por medio del puerto de comunicación serial el mensaje será descargado al microcontrolador.

Cuando esto ocurra, el microcontrolador activará el circuito que encenderá un led, notificando la descarga del mensaje, esto únicamente servirá para asegurar que una comunicación está en proceso.

En la segunda etapa de esta operación el microcontrolador activará/desactivará el circuito del relé de bloqueo. Luego se enviará por el puerto de comunicación los comandos para que el móvil del sistema envíe un SMS notificando a la estación móvil MS la acción ejecutada.

El diagrama de flujo de la figura a continuación muestra el funcionamiento básico del sistema en lo que se refiere al control del bloqueo y desbloqueo del automóvil.

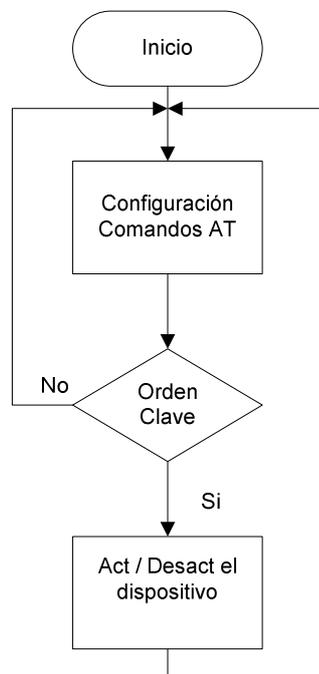


Figura IV.18. Diagrama de flujo funcionamiento Hardware

Para que se realice una llamada de emergencia el botón de pánico debe ser presionado, cuando esto ocurra el microcontrolador por el puerto serial transmitirá los comandos que ordenara al móvil del sistema realizar un mensaje SMS a la estación móvil MS.

En la Figura IV.19, puede ver el orden en que el hardware opera cuando el botón de pánico es activado.

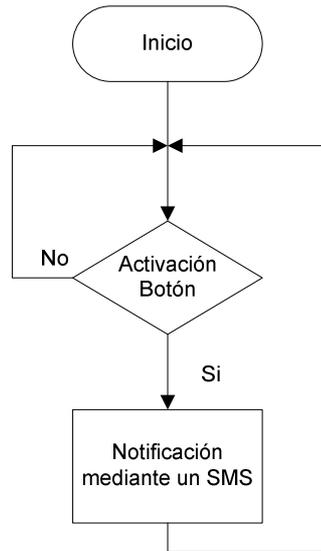


Figura IV.19. Diagrama de flujo botón de pánico

4.3.1. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El sistema debe realizar las funciones siguientes:

- Leer el contenido de los mensajes recibidos en el celular receptor para ejecutar, dependiendo del texto que este contenga, las instrucciones.
- El celular receptor, debe realizar una llamada, cuando se oprima el botón de pánico.
- Dar una señal para la activación/desactivación del circuito de bloqueo/desbloqueo del vehículo, y notificar en un mensaje escrito la acción ejecutada.

Para que el sistema realice estas funciones se requiere utilizar un microcontrolador. Existe multitud de microcontroladores con diferentes características de memoria, entradas y salidas, frecuencia de trabajo, etc. En el sistema se ha seleccionado el popular

micro controlador PIC 16F877A, de Microchip Technology Inc., que posee suficientes características para cumplirlas funciones ya descritas.

El microcontrolador utilizado para la transmisión entre el celular y el PIC tiene las siguientes características:

Características	Microcontrolador PIC16F877A
Memoria <i>Flash</i>	14 Kbytes
RAM interna	368 bytes
Memoria EEPROM	256 bytes
Líneas programables	33
Temporizador/contador (8bits)	2
Temporizador/contador (16bits)	1
Canales ADC (10 bits)	8
Canales PWM	2
Velocidad de procesamiento (20 MHz)	20 MIPS
Interfaz serial TWI	Si
USART serial programable	1
Modulo SSP serial programable	1
Oscilador RC interno calibrado	Si
Fuentes de interrupción In/Out	Si

Tabla IV.IV. Características microcontrolador 16F877A

Puerto A (PA7...PA0). Sirve como entradas analógicas al conversor A/D. El puerto A también sirve como un puerto I/O bidireccional de 8 bits con resistores pull-up internos para cada bit si el conversor A/D no es utilizado.

Puerto B (PB7...PB0). Es un puerto I/O bidireccional de 8 bits con resistores pull-up internos para cada bit.

Puerto c (PC7...PC0). Es un puerto E/S de 8 pines RC0, RC0, T10S0 (Timer1 salida oscilador) y T1CK1 (entrada de reloj del modulo timer1). Cada entrada del puerto C posee un buffer con disipador SCHMITT.

Puerto Serie USART. La USART es uno de los dos periféricos contenidos en el PIC que le permite realizar comunicación en serie. El otro es el MSSP el cual no es tratado en estas notas. La USART, también conocida como una unidad de comunicación en serie para la transmisión de datos asíncrona con dispositivos tales como terminales de computadora o computadoras personales, o bien para comunicación síncrona con dispositivos tales como convertidores A/D o D/A, circuitos integrador o memorias EEPROM con comunicación en serie.

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

Para la comunicación entre el celular y el PIC se requiere de tres hilos; Rx, Tx, GND. En el puerto de comunicación del teléfono estos corresponden a los pines 4, 5, 8 respectivamente.

Para la conexión se hace uso del cable de datos correspondiente al Sony Ericsson T290 que es el DCU – 11, mediante comunicación serial asíncrona a 9600 bps. El extremo donde está el conector USB se cortó para llegar e identificar los pines 4, 5,8.



Figura IV.20. Cable de datos DCU-11

- Pin 1 – 2 (ATMS – ATMS/RTS): entrada y salida de audio respectivamente.
- Pin 3 (CTS/ONREQ): indica el estado de encendido/apagado del teléfono.
- Pin 4 – 5 (RX – TX): recepción y transmisión de datos respectivamente.
- Pin 6 – 7 (ACC IN – ACC OUT): control de accesorios (recepción y transmisión) como por ejemplo manos libres.
- Pin 8 – 10 (AGND – DGND): tierras comunes utilizadas para señales de audio y digitales respectivamente.
- Pin 9 – 11 (FLASH – VCC): voltajes de polarización, memoria flash y recarga de batería respectivamente.

Vale la pena mencionar que para la conexión de los terminales se debe cruzar la conexión; esto quiere decir que el Tx del Sony se debe conectar con el Rx del PIC, y viceversa.

En la Figura se ilustra el puerto de comunicación del celular con la numeración de los pines a utilizar.



Figura IV.21. Puerto de comunicación Sony Ericsson T290

4.4. DISEÑO DEL SOFTWARE

En cuanto al software solo se necesita la programación del microcontrolador para controlar el dispositivo de bloqueo y desbloqueo del automóvil, el cual va a ser activado cuando se envíe un mensaje SMS con su respectiva clave de activación o desactivación.

Además se puede pulsar un botón desde el automóvil, en caso de emergencia llamado botón de pánico el mismo que enviara un mensaje SMS a la estación móvil, informando el bloqueo del automóvil.

4.4.1. DISEÑO DEL SOFTWARE EN EL MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Para la decodificación y control del sistema se utiliza el PIC 16F877A para el cual se desarrolla un software que permita interactuar con el hardware. A continuación se detalla todas las etapas y secuencia de operación.

4.4.2. DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL PIC16F877A

El programa en el microcontrolador PIC debe realizar las siguientes tareas, para cumplir con los objetivos planteados:

1. El microcontrolador debe establecer un enlace con el celular receptor por medio del puerto serial.
2. Una vez establecida la comunicación entre los dos dispositivos se debe programar el microcontrolador para que transmita los caracteres que forman los comandos AT.

El PIC siempre está monitoreando el arribo de un nuevo mensaje al celular receptor. Si llega un nuevo mensaje, este es enviado al PIC para ser decodificado y ejecutado dependiendo del contenido en el mensaje. Si el contenido del mensaje descargado no corresponde a ninguna operación, el PIC controlará al celular para el envío de un mensaje notificando un error en el mensaje recibido.

Dependiendo del comando recibido, el PIC ejecutará:

- El bloqueo/Desbloqueo del sistema eléctrico del vehículo
- Envío del mensaje SMS del botón de pánico

El algoritmo del programa principal del PIC se amplía a continuación en lenguaje estructurado.

4.4.2.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES Y CONFIGURACIÓN DE REGISTROS Y PUERTOS

Declaración de variables y etiquetas

Declarar todas las variables que se van a utilizar en el programa

Declarar todas las etiquetas que se utilizarán en el programa

Fin tarea

Configuración de registros y puertos

Configurar los registros que se utilizarán en el programa

Configurar los puertos del PIC, ya sea como salidas o entradas

Configurar los puertos de comunicación del PIC

Fin de tarea

Limpieza de registros y puertos

Limpiar todos los registros que se utilizarán en el programa

Fin de tarea

4.4.2.2. MONITOREO DE NUEVO MENSAJE EN EL CELULAR RECEPTOR

Esta parte del programa se encarga de revisar continuamente el arribo de un nuevo mensaje al celular receptor, haciendo uso de los comandos AT.

Monitorear nuevo mensaje en el celular receptor

Transmitir el comando que chequea si existe un mensaje nuevo (AT+CMGL="RECUNREAD")

Si existe un nuevo mensaje el celular responde (+CMGL:8,"REC UNREAD", # cel, fecha, hora), CLAVE, OK

Copiar los datos contenidos en el mensaje en un espacio de la memoria RAM y compara que clave está contenida en el mensaje, para su ejecución.

Compara y retornar a la rutina para seguir el monitoreo de nuevo mensaje en el celular receptor

Fin de tarea



Figura IV.22. Monitoreo de mensajes del sistema

4.4.2.3. DECODIFICAR EL SMS Y VERIFICAR QUE TIPO DE COMANDO CONTIENE

En esta tarea se determina el comando que contiene el mensaje escrito, para su posterior ejecución.

Decodificar el SMS y verificar que tipo de comando contiene

Comparar los datos del mensaje guardado en la memoria RAM con los comandos asignados

4.4.2.4. EJECUTAR BLOQUEO DEL VEHÍCULO

Ejecutar bloqueo del vehículo

Activar el pórtico seleccionado para el bloqueo

Enviar el mensaje de confirmación de bloqueo del vehículo

Retornar al monitoreo de nuevo mensaje en el celular receptor

Fin de tarea



Figura IV.23. Sistema bloqueado

4.4.2.5. EJECUTAR DESBLOQUEO DEL VEHÍCULO

Ejecuta desbloqueo del vehículo

Activar el pórtico seleccionado para el desbloqueo

Enviar el mensaje de confirmación de desbloqueo del vehículo

Retornar al monitoreo de nuevo mensaje en el celular receptor

Fin de tarea

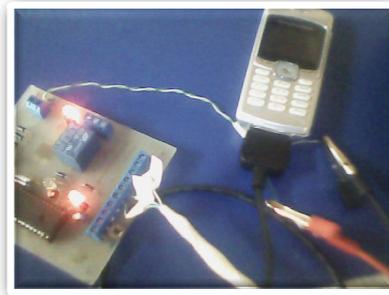


Figura IV.24. Sistema desbloqueado

4.4.2.6. CÓDIGOS QUE EL SISTEMA INTERPRETA PARA LA EJECUCIÓN

Los códigos listados en la siguiente tabla deberán ser ingresados en el celular de la central de monitoreo, con el objetivo de que el sistema pueda decodificarlos, para ejecutar la acción correspondiente.

Es bueno mencionar que los comandos deberán ser escritos por el usuario tal como se muestra en la tabla, también es recomendado que un comando tenga una mezcla de caracteres, esto quiere decir mayúsculas, minúsculas, o caracteres numéricos, etc.

Comando o Código	Acción a ejecutar	Descripción
135b	Bloqueo	Permite bloquear el sistema
135a	Desbloqueo	Permite desbloquear sistema
Botón pánico	Bloqueo	Envía un mensaje de bloque del sistema

Tabla IV.V. Tabla de códigos del sistema

4.5. IMPLEMENTACIÓN DEL HARDWARE

4.5.1. CIRCUITO IMPRESO

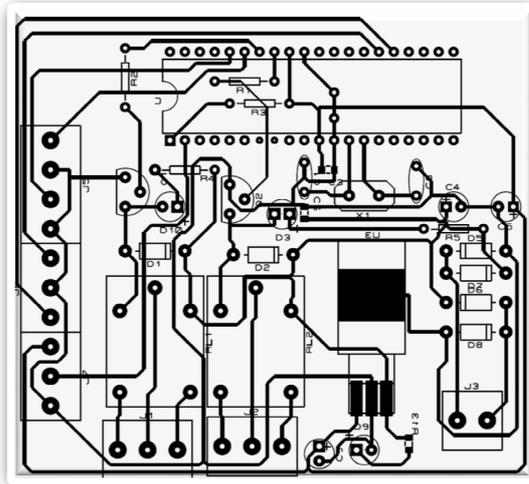


Figura IV.25. Diseño Circuito impreso

El diseño del circuito impreso se lo realizo mediante un software de diseño y simulación electrónica para obtener los mejores resultados y confiabilidad.

4.5.2. DISPOSICIÓN DE ELEMENTOS

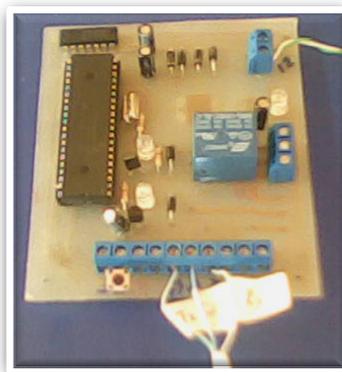


Figura IV.26. Placa del Circuito

4.6. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

Para el buen funcionamiento del proyecto implementado, se realizó varias pruebas, de hardware, dispositivos y conexiones.

A continuación las diferentes pruebas en lo que se refiere al circuito del sistema:

- Eliminar errores de comunicación entre el celular y el microcontrolador.
- Verificar los leds que se pusieron para comprobar la conexión entre el microcontrolador y el celular.
- Verificar la comunicación entre el celular y el microcontrolador mediante los comandos AT.
- Utilización de otros dispositivos para comprobar el envío de los mensajes de activación o desactivación del automóvil.
- Depuración de posibles errores en la programación del microcontrolador.
- Probar las conexiones no sean causa del mal funcionamiento de los componentes del circuito.

Comprobado el funcionamiento del hardware y software del sistema se procede a ejecutar el mismo en el proceso para el cual está diseñado:

- Adquisición de datos
- Envío de mensajes
- Recepción de mensajes

En la primera parte consistió en armar el sistema en el vehículo, una vez adaptado, un led indica que el sistema empezó a funcionar como se puede observar a continuación:



Figura IV.27. Funcionamiento del sistema

El usuario tiene la posibilidad de bloquear el sistema, enviando un código mediante un mensaje SMS al móvil, luego será leído por el microcontrolador y una vez leído envía un SMS mencionando la ejecución de la acción.



Figura IV.28. Código desbloquear sistema



Figura IV.29. Sistema desbloqueado

Además el usuario tiene la posibilidad de desbloquear el sistema enviando un código vía SMS y automáticamente el sistema comienza a funcionar

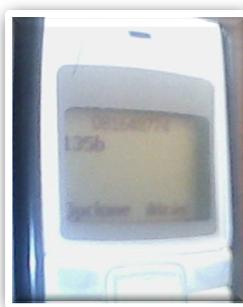


Figura IV.30. Código bloquear sistema



Figura IV.31. Sistema bloqueado

CONCLUSIONES

Las conclusiones que se pueden extraer de este trabajo son las siguientes:

- Mediante el uso de comando AT, Microcontrolador y la red de telefonía celular con el uso de los mensajes SMS, se logro activar y desactivar el bloqueo y desbloqueo de un automóvil.
- El sistema GSM es complejo, sin embargo los módems GSM nos permite hacer abstracción de la red GSM y utilizar sus servicios desde nuestras aplicaciones.
- La forma de controlar los Módems y de acceder a todos los servicios es mediante los comandos AT, y AT+, con los cuales se permitió realizar una interfaz entre el microcontrolador y el teléfono celular.
- Utilizando la red de telefonía celular se logro estudiar los mecanismos de acceso al modem para enviar/recibir SMS, comprobando que son sencillos y fácil de aplicarlos en sistemas de control.
- En la actualidad existen más dispositivos los que se pueden aplicar a sistema de control mediante el servicio de mensajes SMS, el presente trabajo es para dar una pequeña idea del verdadero alcance del sistema.
- Mediante el presente proyecto se logro utilizar la red de telefonía celular y el servicio de mensajes SMS, y por ser independiente de las mismas no tiene ningún costo adicional, y brinda confiabilidad al usuario del automóvil.

- La comunicación entre el modem GSM y el microcontrolador funciona a una velocidad de transmisión 9600bps.
- La complejidad de la aplicación no depende en sí de los servicios GSM que usa sino de la funcionalidad que se le quiera dar.
- Con este proyecto se ha comprobado que no es tan difícil crear un dispositivo controlado por microcontrolador que sea útil, a la vez de la importancia que tienen los protocolos de comunicación y los propios buses de datos, puesto que si el móvil no dispusiera de ningún tipo de bus de comunicación externa, conseguir comunicar el móvil con un microcontrolador externo sería muy difícil o imposible.

RECOMENDACIONES

- Para realizar sistemas de control se recomienda utilizar celulares que permitan la conexión entre el microprocesador y el mismo para enviar mensajes de texto y obtener resultados satisfactorios.
- Es bueno recomendar que los comandos deberán ser escritos por el usuario tal como se muestra en el listado de comandos AT, esto ayudará a que los comandos sean difíciles de ser descubiertos.
- Cuando se trabaja con tecnologías que no son conocidas por el equipo de desarrollo, se corre el riesgo de que los dispositivos con los que se espera trabajar, no den resultados esperados, por lo tanto se recomienda probar previamente, buscar información o bien soporte a personas expertas en el tema, de esta forma se asegura la funcionalidad del proyecto.

RESUMEN

Se diseñó e implementó un sistema electrónico utilizando la red de telefonía celular mediante la utilización de mensajes SMS, para activar o desactivar el bloqueo/desbloqueo de un automóvil.

Se ha mostrado la implementación del sistema de control electrónico y las pruebas que muestran el comportamiento de la implementación en un dispositivo móvil. En el lado del dispositivo móvil se mostró la recepción, que ejecuta una acción de envío y recepción de SMS de acuerdo a la aplicación para la cual fue diseñada.

Básicamente el sistema está basado en la utilización del servicio de mensajes cortos SMS, y para su transmisión se utilizó la red de telefonía celular GSM. El sistema consta de un microcontrolador PIC 16F877A, el cual se programó con los comandos AT y PIC Basic Pro (PBP), y un modem celular Sony Ericsson T290.

Con el sistema electrónico diseñado se puede bloquear o desbloquear un automóvil, desde cualquier lugar que tenga cobertura de red de telefonía, además el usuario tiene la posibilidad de activar un botón de pánico el cual enviara un mensaje SMS para indicar el bloqueo del sistema.

Se crearon y llevaron a cabo un conjunto de pruebas que permitieron observar el desempeño del sistema electrónico de bloqueo y desbloqueo del automóvil en una plataforma de hardware y software específico con una factibilidad para implementar el sistema con una confiabilidad del 90%. Se recomienda la instalación de este sistema electrónico por adecuarse fácilmente a las necesidades de seguridad del automóvil.

SUMMARY

I was designed and implemented an electronic system using the cellular network using SMS to active or not active lock/unlock a car.

It has shown the implementation of the electronic control system and the test show the behavior of the implementation on a mobile device. In the mobile device side was the reception, with performs an action of sending and receiving SMS, according to the application for which it was designed.

Basically the system is based on the use of short message service SMS, and transmission was used for the GSM cellular network. The system consists of a PIC 16F877A microcontroller, which is programmed with AT commands and PIC Basic Pro (PBP), and a cellular, modem Sony Ericsson T290.

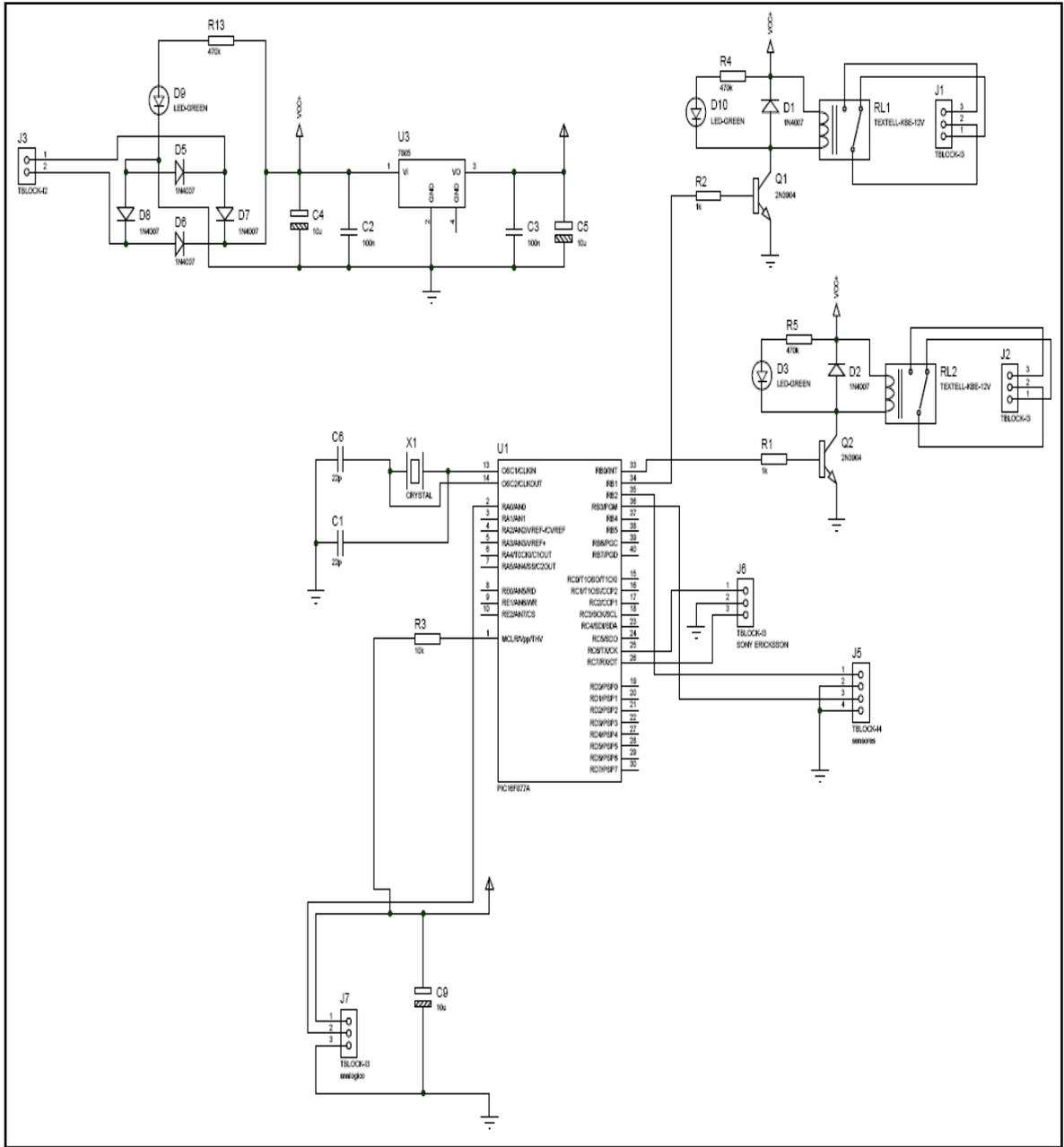
With the electronic system can be designed to lock or unlock a car, from any location with telephone network coverage, in addition the user can activate a panic button which sends an SMS message to indicate the block system.

It was created and carried out a series of tests that allowed us to observe the performance of the electronic lock and unlock the car in a platform specific hardware and software with a feasibility of implementing a system with a reliability of 90%.

We recommend the installation of the electronic system to adapt easily to the needs.

ANEXOS

ANEXO 1. CIRCUITO GENERAL DEL SISTEMA



ANEXO2. CODIGO FUENTE

Device = 16f877A

XTAL = 20

ConfigHS_osc, wdt_off, pwrt_off, boden_off, lvp_off, cp_off, debug_off

Include "proton_4.inc"

Dim E As Byte

Dim A As Byte

Dim A1 As Byte

Dim A2 As Byte

Dim A3 As Byte

Dim A4 As Byte

Dim A5 As Byte

Dim Aa As Byte

Dim MENSAJE[126] As Byte

Dim RELES As Byte

Symbol rele = PORTB.0

Symbol LED = PORTB.1

Symbol sw = PORTB.2

LED = 0

rele = 0

RELES = 0

TRISB 0# = 0

TRISB 0.1 = 0

TRISB 0.2 = 1

DelayMS 200

HSerOut ["ATE0",13]

DelayMS 500

INICIO:

LED = 1

If sw = 0 Then

rele = 1

RELES = 1

GoSub GSM_TX

End If

GoSubGsm_rx

DelayMS 100

If sw = 0 Then

rele = 1

RELES = 1

GoSub GSM_TX

```
End If
LED = 0
DelayMS 100
GoTo INICIO
```

```
Gsm_rx:
If sw = 0 Then
rele = 1
  RELES = 1
  GoSub GSM_TX
End If
GoSub ENCERAR
HSerOut ["ATE0",13]
HSerIn 300, RX1, [Str MENSAJE]
RX1:
If MENSAJE[2]<>"O" Then GoToGsm_rx
If MENSAJE[3]<>"K" Then GoToGsm_rx
RX2:
If sw = 0 Then
rele = 1
  RELES = 1
  GoSub GSM_TX
End If
GoSub ENCERAR
HSerOut ["AT+CMEE=1",13]
HSerIn 300, RX3, [Str MENSAJE]
RX3:
If MENSAJE[2]<>"O" Then GoTo RX2
If MENSAJE[3]<>"K" Then GoTo RX2
```

```
RX4:
If sw = 0 Then
rele = 1
  RELES = 1
  GoSub GSM_TX
End If
GoSub ENCERAR
HSerOut ["AT+CMGF=1",13]
HSerIn 300, RX5, [Str MENSAJE]
RX5:
If MENSAJE[2]<>"O" Then GoTo RX4
If MENSAJE[3]<>"K" Then GoTo RX4
RX6:
If sw = 0 Then
rele = 1
  RELES = 1
  GoSub GSM_TX
End If
```

```

DelayMS 100
GoSub ENCERAR
HSerOut ["AT+CPMS=",34,"ME",34,13]
HSerIn 2000, RX7, [Str MENSAJE]
RX7:
If MENSAJE[2]<>"+" Then GoTo RX6
If MENSAJE[3]<>"C" Then GoTo RX6
If MENSAJE[4]<>"P" Then GoTo RX6
If MENSAJE[5]<>"M" Then GoTo RX6
If MENSAJE[6]<>"S" Then GoTo RX6
If MENSAJE[7]<>":" Then GoTo RX6
If MENSAJE[8]<>" " Then GoTo RX6
If MENSAJE[9]<>"1" Then GoTo RX6
If MENSAJE[10]<>"," Then GoTo RX6
If MENSAJE[11]<>"7" Then GoTo RX6
If MENSAJE[12]<>"0" Then GoTo RX6
If MENSAJE[13]<>"," Then GoTo RX6
If MENSAJE[14]<>"0" Then GoTo RX6
If MENSAJE[15]<>"," Then GoTo RX6
If MENSAJE[16]<>"8" Then GoTo RX6
If MENSAJE[17]<>"," Then GoTo RX6
If MENSAJE[18]="0" Then GoSub FINGSM
If MENSAJE[18]="2" Then
GoSub GSM_TX
HSerOut ["AT+CMGD=1",13]
DelayMS 5000
End If
If MENSAJE[18]<>"1" Then GoTo RX6
If MENSAJE[19]<>"," Then GoTo RX6
If MENSAJE[20]<>"7" Then GoTo RX6
If MENSAJE[21]<>"0" Then GoTo RX6

```

'borro el mensaje 1

DelayMS 500

```

GoSub ENCERAR
HSerOut ["AT+CMGR=1",13]
HSerIn 300, GSM, [Str MENSAJE]
HSerIn 300, GSM, [Wait("OK")]
DelayMS 300

```

'LEO EL MENSAJE 1

```

GSM:
For A = 0 To 125
If MENSAJE[A]= "a" Or MENSAJE[A]= "b" Then
A1 = A
A2 = A - 1
A3 = A - 2
A4 = A - 3
End If

```

Next A

```
    If MENSAJE[A4]="1" Then
      If MENSAJE[A3]="3" Then
        If MENSAJE[A2]="5" Then
          If MENSAJE[A1]="b" Then
            rele = 0
              RELES = 0
            HSerOut ["AT+CMGD=1",13]                'borro el mensaje 1
            DelayMS 5000
            GoSub GSM_TX
            DelayMS 5000
              End If
            If MENSAJE[A1]="a" Then
              rele = 1
                RELES = 1
              HSerOut ["AT+CMGD=1",13]                'borro el mensaje 1
              DelayMS 5000
              GoSub GSM_TX
              DelayMS 5000
                End If
              End If
            End If
          End If
        End If
      End If
    End If
```

FINGSM:

Return

GSM_TX:

DelayMS 200

HSerOut ["ATE0" ,13] 'envio comando "AT" para revisar si esta el modem GSM

DelayMS 1200 'HSerIn 5000, GSM_TX,[Wait("OK")]

HSerOut ["AT+CMEE=1" ,13]

DelayMS 1200 'HSerIn 5000, GSM_TX,[Wait("OK")]

HSerOut ["AT+CMGF=1" ,13] 'envioformatoascci

DelayMS 1200 'HSerIn 5000, GSM_TX,[Wait("OK")]

HSerOut ["AT+CMGS=" ,34,"098216023",34,13] 'numero de celular que llegara el mensaje

DelayMS 6000 'HSerIn5000 , GSM_TX, [Wait(">")]

If RELES = 1 Then HSerOut["bloqueado",26,13]

If RELES = 0 Then HSerOut["desbloqueado",26,13]

DelayMS 6000 'HSerIn 15000, GSM_TX,[Wait("+CMG")]

Return

ENCERAR:

For A = 0 To 225

 MENSAJE [A] = " "

Next A

Return

End

BIBLIOGRAFÍA

1. ANGULO, J.M.; ROMERO, S. y ANGULO, I. Microcontroladores PIC. 2da. ed. México DF. McGraw-Hill, 2003. pp. 191-198.
2. BOYLESTAD, L. Electrónica Teoría de circuitos. 6a. ed. México DF. Prentice Hall, 1997. pp. 560-577.
3. REYES, C. Aprenda a programar Microcontroladores. Quito-Ecuador: Graficas Ayerve, 2004. Pp. 201.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

1. Comandos AT
http://gbtcr.chileforge.cl/info_web/node106.html
(15-09-2010)
2. Descripción del micontrolador PIC 16f877a
<http://www.monografias.com/trabajos18/descripcion-pic/descripcion-pic.shtml>
(17-09-2010)
3. Evolución de la Telefonía
http://www.eveliux.com/mx/components/com_comment/joscomment/templates/default-emotop/css/css.css
(10-09-2010)
4. Microcontrolador
<http://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>
(17-09-2010)

5. Microcontrolador y su funcionamiento

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

(17-10-2010)

6. Microcontrolador16F877a

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/escobar_a_g/apendiceB.pdf

(17-09-2010)

7. Quésonycómo funcionan los Comandos AT

http://www.wikilearning.com/curso_gratis/que_son_y_como_funcionan_los_modems-como_usar_los_comandos_at/3477-18

(15-09-2010)

8. Sony Ericsson T290

<http://www.smart-gsm.com/moviles/sony-ericsson-t290>

(23-09-2010)

9. Telefonía celular

<http://v6.yucatan.com.mx/especiales/celular/3g.asp>

(10-09-2010)

10. Telefonía móvil 3g

http://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_3G

(15-09-2010)