

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA: ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES



NIVEL LICENCIATURA
EXAMEN DE GRADO
TRABAJO DE APLICACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE SEGURIDAD DOMICILIARIA MEDIANTE
COMANDOS AT SOBRE LA TECNOLOGÍA DE TELEFONIA MÓVIL”**

POSTULANTE: GUIMER RAMIREZ ZARATE

LA PAZ- BOLIVIA

2014

DEDICATORIA

A la persona que muy cariñosamente me llamaba para darme fuerza, las charlas y sus esperas hasta altas horas de la noche, mi compañera de jornada, el hombro de mis lamentos, quien con solo una palabra llena mi corazón de promesas de un futuro mejor, decirle a ella lo importante que es contar con su amistad, con su confianza, con su amor. A mi madre Felicidad Zarate Luna.

Gracias.

ÍNDICE

TÍTULO	Página
DEDICATORIA.....	I
ÍNDICE.....	II
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	IV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	V
RESUMEN.....	VI
CAPITULO I	
INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	2
JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA.....	2
JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	3
JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	3
JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA.....	3
OBJETIVOS.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
ALCANCES.....	4
LIMITACIONES.....	5
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. TELEFONÍA MÓVIL.....	6
2.2. TELEFONO MÓVIL.....	6
2.3. FUNCIONAMIENTO DE TELEFONÍA MOVIL.....	6
2.3.1. IDENTIDAD INTERNACIONAL DE EQUIPO MÓVIL IMEI.....	7
2.3.2. REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN DE EQUIPO EIR.....	8

2.3.3. MÓDULO DE IDENTIFICACIÓN DE ABONADO SIM.....	8
2.3.4. IDENTIFICADOR INTERNACIONAL DE LA TARJETA DE CIRCUITOS ..	10
2.3.5. IDENTIDAD INTERNACIONAL DEL SUSCRIPTOR MOVIL IMSI.....	10
2.3.6. CLAVE DE AUTENTICACIÓN KI	10
2.4. ARQUITECTURA DE RED GSM.....	11
2.4.1. SUBSISTEMA DE ESTACIÓN BASE BSS.....	12
2.4.2. ESTACIÓN BASE BTS.....	12
2.4.3. CONTROLADOR DE ESTACIÓN BASE BSC.....	13
2.4.4. SEÑALIZACIÓN.....	15
2.4.5. SUBSISTEMA DE RED Y CONMUTACIÓN NSS.....	16
2.4.6. REGISTRO DE UBICACIÓN BASE Y VISITANTE HLR Y VLR.....	17
2.5. SERVICIO DE MENSAJES CORTOS.....	19
2.6. COMANDOS HAYES.....	22
2.7. MODEM GSM.....	22
2.8. COMUNICACIÓN SERIAL.....	23
2.8.1. VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN.....	23
2.8.2. MODOS DE TRANSMISIÓN.....	24
2.8.3. BIT DE INICIO Y BIT DE PARADA.....	25
2.8.4. LA TRANSMISIÓN SINCRONA.....	25
2.9. SENSORES.....	27
2.9.1. SENSOR MAGNÉTICO.....	29
2.10. MICROCONTROLADOR PIC16F877A.....	30
2.10.1. CARACTERÍSTICAS DEL PIC16F877A.....	31
2.10.2. JUEGO DE INSTRUCCIONES.....	31
2.10.3. PROGRAMACIÓN DEL PIC.....	33

CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO.....	35
3.1. INGENIERIA DE PROYECTO.....	35
3.1.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	35
3.1.2. COMPILADOR.....	35

3.1.3. DIAGRAMA DE FLUJO.....	36
3.1.4. DESARROLLO DE CODIGO FUENTE.....	37
3.1.5. SOFTWARE PROGRAMADOR.....	37
3.1.6. MODEM GSM MOTOROLA C261.....	38
3.1.7. DIAGRAMA DE BLOQUES.....	39
3.1.8. SIMULACIÓN.....	39
3.1.9. DESARROLLO PRÁCTICO EXPERIMENTAL.....	40

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE COSTOS.....	41
4.1. COSTOS DIRECTOS.....	41
4.1.1. COSTOS DE SENSORES Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	41
4.2. COSTOS DE DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE.....	42

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES.....	43
----------------------	----

CAPITULO VI

6. BIBLIOGRAFÍA.....	44
----------------------	----

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.3.3. MÓDULO DE IDENTIFICACIÓN DE ABONADO.....	9
FIGURA 2.8.3. FORMATO DE TRANSMISIÓN ASÍNCRONA.....	25
FIGURA 2.8.4. TRANSMISIÓN SÍNCRONA.....	25
FIGURA 2.8.5. CONTROL DE PARIDAD.....	27
FIGURA 2.9.1. SENSOR MAGNÉTICO.....	29
FIGURA 2.10. PINES DEL PIC16F877A.....	30
FIGURA 2.10.1. ARQUITECTURA PIC16F877A.....	31
FIGURA 3.1.2. COMPILADOR PCW.....	35
FIGURA 3.1.3. DIAGRAMA DE FLUJO.....	36

FIGURA 3.1.5. GRABADOR PICKIT2.....	37
FIGURA 3.1.6. MOTOROLA C261.....	38
FIGURA 3.1.7. SIMULACIÓN EN PROTEUS ISIS.....	39
FIGURA 3.1.8. CONEXIÓN CELULAR MICROCONTROLADOR.....	40
FIGURA 3.1.9. PRUEBAS LCD.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.8. ESTÁNDARES SERIALES.....	23
TABLA 3.1.6. DATOS TÉCNICOS DE MOTOROLA C261.....	38
TABLA 4. COSTOS PARA LOS COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	41
TABLA 4.1. COSTOS DE DISEÑO.....	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I CÓDIGO FUENTE DE PROGRAMA.....	45
ANEXO II LISTA DE COMANDOS HAYES.....	51

RESUMEN

La seguridad domiciliaria es un aspecto que atinge a la mayoría de las personas hoy en día, por lo que el presente proyecto trata el diseño de un sistema de alarma sobre la tecnología de telefonía móvil.

Se implementa un prototipo de una casa donde se instala un sensor magnético, el cual se encuentra en un momento en estado seguro estratégicamente implementado y cuando se alarma significa que la puerta o ventana se abrió y el sistema queda alarmado. Luego se envía una señal de interrupción al microprocesador el cual lógicamente procesa la información para transferir mediante comandos AT al modem de teléfono celular, lo que significa que existe intruso en el sistema. El modem emplea la arquitectura y protocolos de comunicación de telefonía móvil GSM, se comunica con un teléfono celular remoto, esta alerta se realiza mediante una llamada informando que existe una intrusión en la seguridad domiciliaria. Y por otro lado el sistema permite la activación remota de luces y sirena para monitorear adecuadamente el sistema.

La cualidad de este proyecto es aprovechar un teléfono celular Motorola C261 bastante económico, sobre el que se realiza una programación de tal manera que pueda comunicarse con un microcontrolador y pueda recibir una señal de alerta si ocurre algún intento de robo en el domicilio.

En el marco práctico de este proyecto se desarrolla la instalación y configuración de un sensor en el domicilio, la configuración de la etapa del microprocesador, un modem de telefonía celular móvil Motorola C261, un celular remoto, puertos, conectores y cables correspondientes, para realizar todo el proceso de comunicaciones.

1.1. INTRODUCCIÓN

La inseguridad en la ciudad es una realidad preocupante en la actualidad, por el aumento de la delincuencia y la falta de cooperación entre los ciudadanos.

Por esta razón este proyecto está dirigido al área de seguridad, con la finalidad de desarrollar un sistema que pueda ser controlado remotamente.

En este proyecto se aplicó la tecnología GSM para crear un sistema de seguridad y control de puerta, con el cual se puede mantener los domicilios protegidos de la delincuencia sin importar la distancia a la que se encuentren sus habitantes.

A diferencia de otros sistemas de seguridad, este equipo siempre contacta a los usuarios, ya que su alcance es cualquier lugar donde exista la cobertura GSM, de esa manera las personas que reciben el mensaje de alerta en sus celulares, pueden realizar el procedimiento necesario como llamar a la policía o a los vecinos, para detener a los delincuentes si se ha producido un posible intento de robo.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En nuestro país, es poco común el uso de sistemas de control y automatización en los hogares y negocios, es necesario desarrollar un sistema de telecontrol de bajo coste, que se adapte a las necesidades de nuestro medio, que por lo regular no son tan sofisticadas.

El principal problema que atraviesa nuestra sociedad en cuanto a la seguridad es la necesidad de tener un control remoto de la seguridad de nuestros domicilios ya que estos se encuentran susceptibles a robos por delincuentes. La sociedad necesita que nuestros domicilios estén con el nivel de seguridad necesario que permita la tranquilidad de los dueños a la hora de salir o realizar viajes.

La falta de confianza de dejar los domicilios a la hora de salir se ha vuelto un problema que atinge a la sociedad debido a que muchas veces se tiene cosas de valor.

La factibilidad a la hora de adquirir un dispositivo de seguridad con un módulo GSM u otro inalámbrico con respecto a lo económico se ha vuelto un problema, debido a que las empresas que proporcionan este tipo de dispositivos los proporcionan a un precio demasiado elevado.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. JUSTIFICACIÓN TECNOLÓGICA

La necesidad de implementar el sistema de seguridad con tecnologías que permitan realizar conexiones y comunicaciones en forma segura y confiable de manera remota, por medio de un conjunto de sensores los cuales están conectados a un microcontrolador, modem GSM, periféricos de entrada y salida y los respectivos protocolos de comunicación.

1.3.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Una de las necesidades más comunes de la sociedad es la preocupación por dejar sus domicilios sin un solo integrante de la familia al momento de realizar viajes o salidas como al trabajo debido al excesivo incremento delincriminal que existe en la población sobre todo en el área urbana.

1.3.2.1. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El diseño de un dispositivo económico al alcance de la población en comparación de dispositivos propuestos por compañías y empresas de seguridad como Security Word, Motorola, Siemens que ofrecen dispositivos inalámbricos desde 300 a 1500 dólares dependiendo de las funciones del dispositivo justifica la implementación del proyecto.

1.3.2.2. JUSTIFICACIÓN ACADÉMICA

La aplicación de conocimientos adquiridos en base a los estudios realizados en electrónica y telecomunicaciones en áreas como sistemas de comunicación móvil, manejo de microcontroladores, programación, protocolos de comunicación e investigación adicional de comandos Hayes para modem justifican el presente proyecto como una solución a la inseguridad ciudadana.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de monitoreo y control para una vivienda, mediante el uso de los estándares inalámbricos GSM y protocolos de comunicación mediante comandos Hayes entre microcontrolador y GSM.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un interface de comunicación entre el modem GSM y el microcontrolador.
- Controlar la activación y desactivación de un sensor implementado en el domicilio.
- Monitorear mediante sensores el domicilio sobre la plataforma de Telefonía celular móvil GSM.
- Realizar la programación de código fuente en función de comandos AT del microcontrolador para la comunicación de datos.
- Implementar todo el circuito de control para el proceso de recopilación, monitoreo y transmisión de información.

1.5. ALCANCES

La cualidad de este proyecto es aprovechar el teléfono celular que en estos días está al alcance económico de casi todas las personas, para que puedan recibir una señal de alerta si ocurre algún intento de robo. Tomando en cuenta que existirá señal en cualquier lugar del mundo donde exista cobertura GSM.

La aplicación está diseñada para activar tres dispositivos mediante relés activados por el microcontrolador, con la respectiva programación y adición de circuitos correspondientes el sistema se puede ampliar para el control remoto de hasta 15 dispositivos externos.

No obstante esta es una base para la mejora y el desarrollo de futuros proyectos como la adición e implementación de dispositivos con sistemas bluetooth, wifi y acceso por internet para el monitoreo y control remoto del sistema.

1.6. LIMITACIONES

La caída de señal GSM por parte de las operadoras es una limitante en el proceso y funcionamiento del sistema ya que la base de funcionamiento es aprovechar el espectro utilizado por las operadoras de telefonía móvil en Bolivia. No obstante las operadoras de telefonía móvil manejan con cautela este tema debido a que si no existe señal por determinado tiempo son multados con fuertes montos económicos.



2.1. TELEFONÍA MÓVIL

La telefonía móvil, también llamada telefonía celular, básicamente está formada por dos grandes partes una red de comunicaciones también llamada red de telefonía móvil y los terminales o teléfonos móviles que permiten el acceso a dicha red.

2.2. TELÉFONO MÓVIL

El teléfono móvil es un dispositivo inalámbrico electrónico para acceder y utilizar los servicios de la red de telefonía móvil. Se denomina también celular en la mayoría de países latinoamericanos debido a que el servicio funciona mediante una red de celdas, donde cada antena repetidora de señal es una célula.

Con ese punto de partida, en varios países se diseminó la telefonía celular como una alternativa a la telefonía convencional inalámbrica. La tecnología tuvo gran aceptación, por lo que a los pocos años de implantarse se empezó a saturar el servicio. En ese sentido, hubo la necesidad de desarrollar e implantar otras formas de acceso múltiple al canal y transformar los sistemas analógicos a digitales, con el objeto de darle cabida a más usuarios. Para separar una etapa de la otra, la telefonía celular se ha caracterizado por contar con diferentes generaciones.

2.3. FUNCIONAMIENTO DE TELEFONIA MOVIL

La comunicación telefónica es posible gracias a la interconexión entre centrales móviles y públicas. Según las bandas o frecuencias en las que opera el móvil, podrá funcionar en una parte u otra del mundo.

La telefonía móvil consiste en la combinación de una red de estaciones transmisoras o receptoras de radio conformadas por repetidores, estaciones base y una serie de centrales telefónicas de conmutación de primer y quinto nivel conformadas por el controlador de estaciones base y la central de conmutación móvil, que posibilita la comunicación entre terminales telefónicos móviles y teléfonos de la red fija tradicional.

En su operación, el teléfono móvil establece comunicación con una estación base y, a medida que se traslada, los sistemas computacionales que administran la red van transmitiendo la llamada a la siguiente estación base de forma transparente para el usuario. Es por eso que se dice que las estaciones base forman una red de celdas, cual panal de abeja, sirviendo cada estación base a los equipos móviles que se encuentran en su celda.

La evolución del teléfono móvil ha permitido disminuir su tamaño y peso, desde el Motorola DynaTAC, el primer teléfono móvil en 1983 que pesaba 800 gramos, a los actuales más compactos y con mayores prestaciones de servicio. El desarrollo de baterías más pequeñas y de mayor duración, pantallas más nítidas y de colores, la incorporación de software más amigable, hacen del teléfono móvil un elemento muy apreciado en la vida moderna.

2.3.1. IDENTIDAD INTERNACIONAL DE EQUIPO MOVIL IMEI

El IMEI (International Mobile Equipment Identify), Identidad Internacional de Equipo Móvil es un código pre-grabado en los teléfonos móviles GSM. Este código identifica al aparato unívocamente a nivel mundial, y es transmitido por el aparato a la red al conectarse a ésta, esto quiere decir, entre otras cosas, que la operadora que usemos conoce desde qué terminal telefónico se realizó una llamada.

La empresa operadora puede usar el IMEI para verificar el estado del aparato mediante una base de datos denominada EIR (Equipment Identify Register).

El IMEI de un aparato habitualmente está impreso en la parte posterior del equipo, bajo la batería, en el caso de dispositivos que contienen batería interna este puede encontrarse al reverso en la parte inferior del equipo en números pequeños, en algunos casos también puede llegar a encontrarse en el puerto donde se ingresa la tarjeta SIM. Tiene 15 cifras en algunos teléfonos 14 porque se omite el último dígito, normalmente un cero.

2.3.2. REGISTRO DE IDENTIFICACION DE EQUIPO EIR

La EIR (Equipment Identify Register) es una base de datos en la que existe información sobre el estado de los teléfonos móviles, dentro de esta base de datos existen tres listas de registros de equipo: la blanca, la gris y la negra.

La lista blanca identifica a los equipos que están autorizados para recibir y realizar llamadas. Esta lista debe siempre existir, aun cuando sea la única; las otras dos son opcionales.

La lista gris identifica a los equipos que pueden hacer y recibir llamadas, pero que pueden ser monitoreados para descubrir la identidad del usuario utilizando la información almacenada en el chip SIM.

La lista negra identifica a los equipos a los que se les impide conectarse a la red. Contiene los identificativos de los equipos robados o utilizados de forma ilegal y también la de aquellos equipos que no pueden acceder al sistema porque podrían producir graves problemas técnicos; por lo tanto, no pueden realizar ni recibir llamadas.

2.3.3. MODULO DE IDENTIFICACIÓN DE ABONADO SIM

Una tarjeta SIM (Subscriber Identify Module), es una tarjeta inteligente desmontable usada en teléfonos móviles y módems HSPA o LTE que se conectan al puerto USB. Las tarjetas SIM almacenan de forma segura la clave de servicio del suscriptor usada para identificarse ante la red, de forma que sea posible cambiar la línea de un terminal a otro simplemente cambiando la tarjeta.

El uso de la tarjeta SIM es obligatorio en las redes GSM. El conector tiene ocho contactos metálicos visibles y debidamente estandarizados, que establecen contacto al insertar la tarjeta en la ranura del lector. A través de estos contactos, el lector alimenta eléctricamente a la tarjeta y transmite los datos oportunos para operar con ella conforme al estándar.

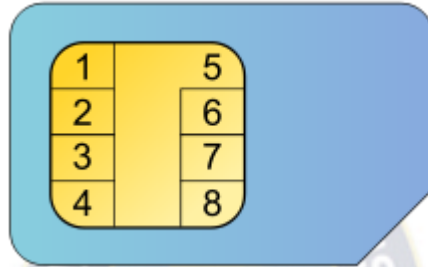


Figura 2.3.3. Módulo de Identificación de Abonado SIM

Donde:

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1.VCC(alimentación) | 5.GND(tierra) |
| 2.RST(reset) | 6.SWP |
| 3.CLK(clock) | 7.I/O(Input/Output) |
| 4.D+(USB inter-Chip) | 8. D-(USB inter-Chip) |

Las tarjetas SIM almacenan información específica de la red usada para autenticar e identificar a los suscriptores en ella, siendo la más importante el ICC-ID (Integrated Circuit Card ID) Identificador Internacional de Tarjeta de Circuitos, el IMSI (International Mobile Subscriber Identify) Identidad Internacional del Suscriptor Móvil, la clave de autenticación Ki (Authentication Key) y la identificación de área local LAI. La tarjeta SIM también almacena otros datos específicos del operador como el número del SMSC (centro de servicio de mensajes cortos), el nombre del proveedor de servicio (SPN), los números de servicio de marcado (SDN) y las aplicaciones de servicios de valor añadido (VAS).

2.3.4. IDENTIFICADOR INTERNACIONAL DE LA TARJETA DE CIRCUITOS ICCID

Cada SIM se identifica internacionalmente por su ICC-ID (Integrated Circuit Card ID). Los ICC-ID se almacenan en las tarjetas SIM y también se graban o imprimen sobre el cuerpo de plástico de las mismas en un proceso de personalización, además, cada ICC cuenta con un número de identificación personal de 18 dígitos.

2.3.5. IDENTIDAD INTERNACIONAL DEL SUSCRIPTOR MOVIL IMSI

Las tarjetas SIM se identifican en sus redes móviles individuales mediante un IMSI (International Mobile Subscriber Identify), Identidad Internacional del Suscriptor Móvil único. Los operadores de telefonía móvil conectan las llamadas a teléfonos móviles y se comunican con sus tarjetas SIM comercializadas usando su IMSI.

2.3.6. CLAVE DE AUTENTICACIÓN KI

La clave de autenticación Ki (Authentication key) es un valor de 16 bytes usado para autenticar las tarjetas SIM en la red móvil. Cada tarjeta SIM tiene una Ki única asignada por el operador durante el proceso de personalización. La Ki también se almacena en una base de datos específica llamada AuC (Authentication Center) que está implementada como parte integral de la HLR (Home Location Register) de la red del operador.

La tarjeta SIM almacena información del estado de la red que se envía desde la misma, como la identificación de área local LAI (Location Area Identify). Las redes de los operadores están divididas en áreas locales, cada una de las cuales tiene un número LAI único. Cuando el terminal móvil cambia su ubicación de un área local a otra almacena su nuevo LAI en la tarjeta SIM y la envía al operador para informar a la red de su nueva localización. Si el terminal se apaga y se vuelve a encender, recuperará la información de la tarjeta SIM y buscará la LAI en la que estaba. Esto ahorra tiempo al evitar tener que buscar toda la lista completa de frecuencia como se haría por defecto.

Proceso de autenticación:

- Cuando el teléfono se enciende envía su IMSI al operador de la red solicitando acceso y autenticación.
- El operador de la red busca en su base de datos el IMSI y la clave de autenticación (Ki) relacionada.
- El operador de la red genera un número aleatorio (RAND) y lo firma con la Ki de la SIM, generando así un número conocido como Respuesta Firmada uno SRES_1 (Signed Response One).
- El operador de la red envía RAND al móvil cliente, el cual lo pasa a la tarjeta SIM. La tarjeta SIM firma el RAND con su Ki y envía el resultado SRES_2 de vuelta al operador de la red.
- El operador de la red compara su SRES_1 con el SRES_2 generado por la tarjeta SIM. Si los dos números coinciden, la SIM es autenticada y se le concede acceso a la red.

2.4. ARQUITECTURA DE RED GSM

El subsistema BSS, capa inferior de la arquitectura terminal de usuario, BS y BSC, resuelve el problema del acceso del terminal al canal. La siguiente capa NSS se encargará, por un lado, del enrutamiento MSC y por otro de la identificación del abonado, tarificación y control de acceso HLR, VLR y demás bases de datos del operador.

Las comunicaciones que se establezcan viajarán a través de distintos sistemas. Para simplificar, se denomina canal de comunicaciones a una comunicación establecida entre un sistema y otro, independientemente del método que realmente se emplee para establecer la conexión. En GSM hay definidos una serie de canales lógicos para el tráfico de llamadas, datos, señalización y demás propósitos.

2.4.1. SUBSISTEMA DE ESTACIONES BASE BSS

Esta capa de red se ocupa de proporcionar y controlar el acceso de los terminales al espectro disponible, así como del envío y recepción de los datos.

2.4.2. ESTACIÓN BASE BTS

El sistema debe ser capaz de soportar una gran carga de usuarios, con muchos de ellos utilizando la red al mismo tiempo. Si sólo hubiera una antena para todos los usuarios, el espacio radioeléctrico disponible se saturaría rápidamente por falta de ancho de banda. Una solución es reutilizar las frecuencias disponibles. En lugar de poner una sola antena para toda una ciudad, se colocan varias, y se programa el sistema de manera que cada antena emplee frecuencias distintas a las de sus vecinas, pero las mismas que otras antenas fuera de su rango. A cada antena se le reserva cierto rango de frecuencias, que se corresponde con un cierto número de canales radioeléctricos, cada uno de los rangos de frecuencia en que envía datos una antena. Así, los canales asignados a cada antena de la red del operador son diferentes a los de las antenas contiguas, pero pueden repetirse entre antenas no contiguas.

Además, se dota a las antenas de la electrónica de red necesaria para comunicarse con un sistema central de control y la siguiente capa lógica de la red para que puedan encargarse de la gestión del interfaz radio, el conjunto de la antena con su electrónica y su enlace con el resto de la red se llama estación base BS (Base Station). El área geográfica a la que proporciona cobertura una estación base se llama celda o célula, motivo por el cual a estos sistemas se les llama en algunas zonas celulares. A este modelo de reparto del ancho de banda se le denomina a veces SDMA o división espacial.

El empleo de celdas requiere de una capa adicional de red que es novedosa en el estándar GSM respecto a los sistemas anteriores, es el controlador de estaciones base, o BSC, (Base Station Controller).

2.4.3. CONTROLADOR DE ESTACIÓN BASE BSC

Actúa de intermediario entre el corazón de la red y las antenas, y se encarga del reparto de frecuencias y el control de potencia de terminales y estaciones base. El conjunto de estaciones base coordinadas por un BSC proporcionan el enlace entre el terminal del usuario y la siguiente capa de red, ya la principal, que veremos más adelante. Como capa de red, el conjunto de BS más BSC se denomina subsistema de estaciones base, o BSS (Base Station subsystem).

Una estación base GSM puede alcanzar un radio de cobertura a su alrededor desde varios cientos de metros en estaciones urbanas hasta un máximo práctico de 35 km en zonas rurales, según su potencia y la geografía del entorno. Sin embargo, el número de usuarios que puede atender cada BS está limitado por el ancho de banda subdividido en canales que el BSC asigna a cada estación, y aunque podría pensarse que las estaciones base deberían tener una gran potencia para cubrir mayor área, tienen una potencia nominal de 320 Watts como máximo frente a las antenas de FM o televisión, que poseen potencias de emisión de miles de Watts, un valor casi despreciable y de hecho siempre emiten al menor nivel de potencia posible para evitar interferir con celdas lejanas que pudieran emplear el mismo rango de frecuencias, motivo por el cual es raro que se instalen modelos de más de 40 Watts. Es más, en zonas urbanas muy pobladas o túneles se instala un mayor número de Estaciones Base de potencia muy limitada menor que 2,5 W para permitir la creación de las llamadas pico y microceldas, que permiten mejor reutilización de las frecuencias, cuantas más estaciones, más reutilización de frecuencias y más usuarios admisibles al mismo tiempo o bien dan cobertura en lugares que una BS normal no alcanza o precisan de gran capacidad como ser túneles de metro o de carreteras, espacios muy concurridos, ciudades muy pobladas.

Por tanto, en zonas donde exista una gran concentración de usuarios, como ciudades, debe instalarse un gran número de Estaciones Base de potencia muy limitada, y en zonas de menor densidad de uso, como áreas rurales, puede

reducirse el número de estaciones y ampliar su potencia. Esto asegura además mayor duración de la batería de los terminales y menor uso de potencia de las estaciones base.

Además, el terminal no se encuentra emitiendo durante el transcurso de toda la llamada. Para ahorrar batería y permitir un uso más eficiente del espectro, se emplea el esquema de transmisión TDMA (Time Division Multiple Access), acceso múltiple por división del tiempo. El tiempo se divide en unidades básicas de 4,615 ms, y éstas a su vez en ocho time slots o ranuras de tiempo de 576,9 μ s. Durante una llamada, se reserva el primer time slot para sincronización, enviada por la BS; unos slots más tarde, el terminal emplea un slot para enviar de terminal a BS y otro para recibir, y el resto quedan libres para el uso de otros usuarios en la misma BS y canal. Así se permite un buen aprovechamiento del espectro disponible y una duración de batería superior, al no usar el emisor del terminal constantemente sino sólo una fracción del tiempo.

Al mismo tiempo, la comunicación no debe interrumpirse porque un usuario se desplace lo que se llama (roaming), deambular y salga de la zona de cobertura de una BTS, deliberadamente limitada para que funcione bien el sistema de celdas. Tanto el terminal del usuario como la BTS calibran los niveles de potencia con que envían y reciben las señales e informan de ello al controlador de estaciones base o BSC (Base Station Controller). Además, normalmente varias estaciones base al mismo tiempo pueden recibir la señal de un terminal y medir su potencia. De este modo, el controlador de estaciones base o BSC puede detectar si el usuario va a salir de una celda y entrar en otra, y avisa a ambas MSCs (Mobile Switching Center), Central de Conmutación Móvil y al terminal para el proceso de salto de una BS a otra: es el proceso conocido como handover o traspaso entre celdas, una de las tres labores del BSC, que permite hablar aunque el usuario se desplace.

Este proceso también puede darse si la estación más cercana al usuario se encuentra saturada, es decir, si todos los canales asignados a la BS están en uso,

en ese caso el BSC remite al terminal a otra estación contigua, menos saturada, incluso aunque el terminal tenga que emitir con más potencia. Por eso es habitual percibir cortes de la comunicación en zonas donde hay muchos usuarios al mismo tiempo. Esto nos indica la segunda y tercera labor del BSC, que son controlar la potencia y la frecuencia a la que emiten tanto los terminales como las BTS para evitar cortes con el menor gasto de batería posible.

2.4.4. SEÑALIZACIÓN

Además del uso para llamadas del espectro, reservando para ello los canales precisos mientras se estén usando, el estándar prevé que el terminal envíe y reciba datos para una serie de usos de señalización, como por ejemplo el registro inicial en la red al encender el terminal, la salida de la red al apagarlo, el canal en que va a establecerse la comunicación si entra o sale una llamada, la información del número de la llamada entrante, y prevé además que cada cierto tiempo el terminal avise a la red de que se encuentra encendido para optimizar el uso del espectro y no reservar capacidad para terminales apagados o fuera de cobertura.

Este uso del transmisor, conocido como ráfagas de señalización, ocupa muy poca capacidad de red y se utiliza también para enviar y recibir los mensajes cortos SMS sin necesidad de asignar un canal de radio. Es sencillo escuchar una ráfaga de señalización si el teléfono se encuentra cerca de un aparato susceptible de captar interferencias, como un aparato de radio o televisión.

En GSM se definen una serie de canales para establecer la comunicación, que agrupan la información a transmitir entre la estación base y el teléfono. Se definen los siguientes tipos de canal:

- Canales de tráfico (Traffic Channels, TCH), albergan las llamadas en proceso que soporta la estación base.
- Canales de control o señalización:
 - Canales de difusión (Broadcast Channels, BCH).

- Canal de control broadcast (Broadcast Control Channel, BCCH): comunica desde la estación base al móvil la información básica y los parámetros del sistema.
- Canal de control de frecuencia (Frequency Control Channel, FCCH): comunica al móvil (desde la BS) la frecuencia portadora de la BS.
- Canal de control de sincronismo (Synchronization Control Channel, SCCH): informa al móvil sobre la secuencia de entrenamiento (training) vigente en la BS, para que el móvil la incorpore a sus ráfagas.
- Canales de control dedicado (Dedicated Control Channels, DCCH).
 - Canal de control asociado lento (Slow Associated Control Channel, SACCH).
 - Canal de control asociado rápido (Fast Associated Control Channel, FACCH).
 - Canal de control dedicado entre BS y móvil (Stand-Alone Dedicated Control Channel, SDCCH).
- Canales de control común (Common Control Channels, CCCH).
 - Canal de aviso de llamadas (Paging Channel, PCH): permite a la BS avisar al móvil de que hay una llamada entrante hacia el terminal.
 - Canal de acceso aleatorio (Random Access Channel, RACH): alberga las peticiones de acceso a la red del móvil a la BS.
 - Canal de reconocimiento de acceso (Access-Grant Channel, AGCH): procesa la aceptación, o no, de la BS de la petición de acceso del móvil.
- Canales de Difusión Celular (Cell Broadcast Channels, CBC).

2.4.5. SUBSISTEMA DE RED Y CONMUTACIÓN NSS

El subsistema de red y conmutación NSS (network and switching system), también llamado núcleo de red (core network), es la capa lógica de enrutamiento de

llamadas y almacenamiento de datos. Notemos que, hasta el momento, sólo teníamos una conexión entre el terminal, las estaciones base BS y su controlador BSC, y no se indicaba manera de establecer conexión entre terminales o entre usuarios de otras redes. Cada BSC se conecta al NSS, y es éste quien se encarga de tres asuntos:

- Enrutar las transmisiones al BSC en que se encuentra el usuario llamado (central de conmutación móvil o MSC).
- Dar interconexión con las redes de otros operadores.
- Dar conexión con el subsistema de identificación de abonado y las bases de datos del operador, que dan permisos al usuario para poder usar los servicios de la red según su tipo de abono y estado de pagos (registros de ubicación base y visitante, HLR y VLR).

La central de conmutación móvil o MSC (mobile switching central) se encarga de iniciar, terminar y canalizar las llamadas a través del BSC y BS correspondientes al abonado llamado. Es similar a una centralita telefónica de red fija, aunque como los usuarios pueden moverse dentro de la red realiza más actualizaciones en su base de datos interna.

Cada MSC está conectado a los BSCs de su área de influencia, pero también a su VLR, y debe tener acceso a los HLRs de los distintos operadores e interconexión con las redes de telefonía de otros operadores.

2.4.6. REGISTROS DE UBICACIÓN BASE Y VISITANTE HLR Y VLR

El HLR (home location register), registro de ubicación base es una base de datos que almacena la posición del usuario dentro de la red, si está conectado o no y las características de su abono. Es de carácter más bien permanente, cada número de teléfono móvil está adscrito a un HLR determinado y único, que administra su operador móvil.

Al recibir una llamada, el MSC pregunta al HLR correspondiente al número llamado si está disponible y dónde está, es decir, a qué BSC hay que pedir que le avise y enruta la llamada o da un mensaje de error.

El VLR (visitor location register) o registro de ubicación de visitante es una base de datos más volátil que almacena, para el área cubierta por un MSC, los identificativos, permisos, tipos de abono y localizaciones en la red de todos los usuarios activos en ese momento y en ese tramo de la red. Cuando un usuario se registra en la red, el VLR del tramo al que está conectado el usuario se pone en contacto con el HLR de origen del usuario y verifica si puede o no hacer llamadas según su tipo de abono. Esta información permanece almacenada en el VLR mientras el terminal de usuario está encendido y se refresca periódicamente para evitar fraudes, por ejemplo, si un usuario de prepago se queda sin saldo y su VLR no lo sabe, podría permitirle realizar llamadas.

Tengamos en cuenta que el sistema GSM permite acuerdos entre operadores para compartir la red, de modo que un usuario en el extranjero, por ejemplo puede conectarse a una red MSC, VLR y capa de radio de otro operador. Al encender el teléfono y realizar el registro en la red extranjera, el VLR del operador extranjero toma nota de la información del usuario, se pone en contacto con el HLR del operador móvil de origen del usuario y le pide información sobre las características de abono para permitirle o no realizar llamadas. Así, los distintos VLRs y HLRs de los diferentes operadores deben estar interconectados entre sí para que todo funcione.

El AUC (authentication user center), centro de autenticación del usuario se encarga del cifrado de las señales y de la identificación de usuarios dentro del sistema el EIR (equipment identification register, registro de identificación de equipo guarda listas de permiso de acceso al terminal, al que identifica unívocamente mediante su número de serie o IMEI, para evitar que los terminales robados y denunciados puedan usar la red, los SMSCs o centros de mensajes cortos, y así varios sistemas más, entre los que se incluyen los de gestión,

mantenimiento, prueba, tarificación y el conjunto de transcodificadores necesarios para poder transferir las llamadas entre los diferentes tipos de red.

2.5. SERVICIO DE MENSAJES CORTOS

El servicio de mensajes cortos, servicio de mensajes simples o SMS (Short Message Service) es un servicio disponible en los teléfonos móviles que permite el envío de mensajes cortos también conocidos como mensajes de texto entre teléfonos móviles.

Un mensaje SMS es una cadena alfanumérica de hasta 140 caracteres o de 160 caracteres de siete bits, y cuyo encapsulado incluye una serie de parámetros. En principio, se emplean para enviar y recibir mensajes de texto normal, pero existen extensiones del protocolo básico que permiten incluir otros tipos de contenido, dar formato a los mensajes o encadenar varios mensajes de texto para permitir mayor longitud como formatos de SMS con imagen de Nokia, tonos, estándar EMS para dar formato al texto e incluir imágenes y sonidos de pequeño tamaño.

Los mensajes de texto son procesados por un SMSC o centro de mensajes cortos (Short Message Service Center) que se encarga de almacenarlos hasta que son enviados y de conectar con el resto de elementos de la red GSM.

Cuando un usuario envía un SMS, o lo recibe, se incluyen con su carga útil o cuerpo del mensaje (payload) al menos los siguientes parámetros:

- Fecha de envío (timestamp).
- Validez del mensaje, desde una hora hasta una semana.
- Número de teléfono del remitente y del destinatario.
- Número del SMSC que ha originado el mensaje.

Este modo se asegura el correcto procesamiento del mensaje en el SMSC y a lo largo de toda la cadena.

Los mensajes cortos hacen un uso extremadamente eficaz de la red de radio, y además pueden ser enviados y recibidos en cualquier momento, incluso durante una llamada. La explicación es que, debido a su pequeño tamaño, los SMS no necesitan que se asigne un canal de radio al usuario, como ocurre durante una llamada, sino que se insertan en la información de señalización de la propia red, en los time slots reservados para este fin.

Para la correcta gestión de los mensajes SMS se hace necesario introducir en el sistema GSM un nuevo elemento: el centro de mensajes cortos o SMSC (Short Message Service Center.) Las funciones del SMSC son:

- Recibir y almacenar los mensajes cortos enviados por los usuarios, o por otras fuentes como avisos del operador, buzón de voz, sistemas de publicidad, alertas de correo electrónico, hasta que puedan ser enviados.
- Verificar los permisos para enviar mensajes, en comunicación con el HLR de origen.
- Verificar si el usuario al que se envía el mensaje está operativo o no, mediante consulta al VLR de destino, si está operativo, el mensaje se envía, y si no se almacena temporalmente en el SMSC
- Verificar periódicamente el estado de los usuarios que tienen mensajes pendientes.

Cuando un usuario de la red genera un mensaje corto se producen los siguientes acontecimientos:

- El HLR donde está registrado el usuario decide si puede o no enviar mensajes.
- El MSC al que está conectado el usuario recibe el mensaje, envía la información necesaria al VLR para su posterior tarificación y después lo remite al SMSC de origen.
- El SMSC de origen envía el mensaje al SMSC de destino.

- El SMSC de destino informa del estado del mensaje y devuelve un informe de recepción al MSC y al usuario. En la pantalla del usuario se advierte: “mensaje enviado”.
- Si el usuario lo ha solicitado, recibirá posteriormente un mensaje de estado confirmándole si el usuario de destino ha recibido el mensaje o no, y un mensaje de error en caso de que caduque.

Una vez hay un mensaje preparado para su envío en el SMSC de destino, originado por un usuario o por cualquier otra circunstancia, se le denomina MT-SM y el proceso de entrega es el siguiente:

- El SMSC que ha recibido el mensaje lo almacena en su base de datos y solicita al VLR del usuario la información de localización.
- Si el usuario destino está disponible, el SMSC envía al MSC el mensaje, indicando en que parte del BSS debe ser entregado; si no lo está, se almacena en el SMSC durante su periodo de vigencia.
- Si el usuario destino está disponible, el MSC envía un aviso al VLR al que está conectado el usuario destino para indicarle que va a entregarse un mensaje.
- El VLR avisa al terminal del usuario y verifica si está conectado a la red.
- El VLR responde al MSC con el estado del usuario y, si está operativo, con la información de localización.
- El MSC envía el mensaje al usuario;
- El MSC informa al SMSC de que el mensaje se ha entregado y puede ser borrado de su base de datos;
- Opcionalmente, el SMSC de destino responde a quien originó el mensaje, normalmente, el SMSC origen, con un aviso de entrega del mensaje.

2.6. COMANDOS HAYES

Para controlar a los módems GSM, a través de su interfaz RS232, ya sea desde la computadora o desde un microcontrolador, se utilizan los comandos AT (Attention). Además de los comandos AT estándar, utilizados en el pasado para los módems dial-up, los módems GSM cuenta con un amplio conjunto de comandos AT. Estos comandos AT extendidos están definidos en las normas GSM. Con los comandos AT extendidos, se pueden hacer cosas como:

Detección automática del enlace del módem a la red GSM. Envío y recepción de mensajes SMS (Short Message Service). Seguimiento de la intensidad de la señal en la red GSM. Marcado, o recepción de llamadas de audio de teléfonos móviles. Lectura, escritura y búsqueda de datos del directorio de contactos.

Debido a la simplicidad de su protocolo serial de comunicaciones, los módems GSM no requieren de ningún driver para la conexión a la computadora o a un microcontrolador. Una vez conectado a través de un cable serial o un cable de interfaz USB-Serial, el módem puede controlarse enviando los comandos AT, que no son otra cosa que cadenas (strings) de códigos ASCII. Esto permite realizar pruebas preliminares usando cualquier programa emulador de terminal, como lo es por ejemplo el software Hyperterminal que se incluye como parte de los sistemas operativos Windows.

2.7. MODEM GSM

Un módem GSM (Global System for Mobile Communications) es un dispositivo inalámbrico que funciona en la red GSM, utilizada mundialmente para comunicación entre teléfonos móviles. La comunicación se realiza a través de ondas de radio.

El módem GSM puede verse como un teléfono celular al cual se le ha adaptado una interfaz serial RS232, con el objeto de ser controlado a través de una computadora. A través del módem GSM puede realizarse enlaces para transmisión

de voz, fax, datos, comunicación por internet y mensajes SMS (Short Message Service). También existen módems GSM que poseen una interfaz USB para ser controlados.

Los módems GSM cuatri-banda permiten operar en cualquiera de las 4 bandas de frecuencias 850, 900, 1800 o 1900 Mhz. Mediante los comandos AT, es posible configurar el módem GSM cuatri-banda para operar en la banda deseada.

2.8. COMUNICACIÓN SERIAL

Entre los estándares que usan el formato marca espacio, tenemos:

- TTL
- Lazo de corriente de 20mA
- RS232

	Nivel Lógico "1" (Marca)	Nivel Lógico "0" (Espacio)
TTL	5V	0
Lazo 20 mA	20 mA	0 mA
RS 232C	-3V a -15V	+3V a +15V

Tabla 2.8. Estándares Seriales

2.8.1. VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

La velocidad de transmisión de datos es expresada en bits por segundo o baudios. El baudio es un concepto más general que bit por segundo. El primero queda definido como el número de estados de la señal por segundo, si sólo existe dos estados que pueden ser representados por un bit, que identifica dos unidades de información entonces baudio es equivalente a bit por segundo. Baudio y bit por

segundo se diferencian cuando es necesario más de un bit para representar más de dos estados de la señal.

La velocidad de transmisión queda limitada por el ancho de banda, potencia de señal y ruido en el conductor de señal. La velocidad de transmisión queda básicamente establecida por el reloj. Su misión es examinar o muestrear continuamente la línea para detectar la presencia o ausencia de los niveles de señal ya predefinidos. El reloj sincroniza además todos los componentes internos.

2.8.2. MODOS DE TRANSMISIÓN

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

- Modo asíncrono.
- Modo síncrono.

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

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 cadencia binaria. La gran rapidez con que el reloj muestrea la línea, permite al dispositivo receptor detectar una transmisión de uno a cero o de cero a uno muy rápidamente, y mantener así la mejor sincronización entre los dispositivos emisor y receptor.

El tiempo por bit en una línea en que se transfiere la información a 2400 bps es de unos 416 microsegundos. Una frecuencia de muestreo de 2400 veces por segundo nos permitirá muestrear el principio o el final del bit. En ambos casos detectaremos el bit, sin embargo, no es extraño que la señal cambie ligeramente, y permanezca la línea con una duración un poco más larga o más corta de lo normal. Por todo ello, una frecuencia de muestreo lenta no sería capaz de detectar

el cambio de estado de la señal a su debido tiempo, y esto daría lugar a que la estación terminal no recibiera los bits correctamente.

2.8.3. BIT DE INICIO Y BIT DE PARADA

Durante el intervalo de tiempo en que no son transferidos caracteres, el canal debe poseer un "1" lógico. Al bit de parada se le asigna también un "1". Al bit de inicio del carácter a transmitir se le asigna un "0". Por todo lo anterior, un cambio de nivel de "1" a "0" lógico le indicará al receptor que un nuevo carácter será transmitido.

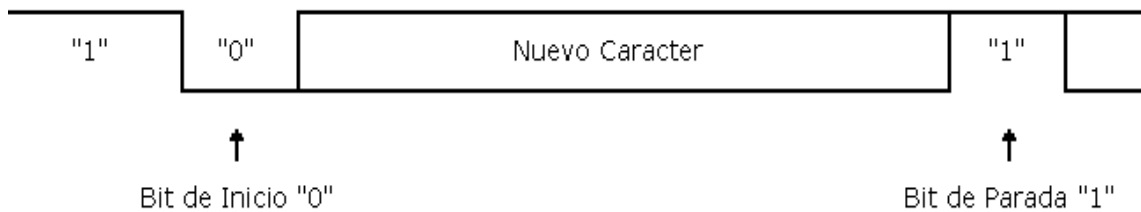


Figura 2.8.3. Formato de transmisión Asíncrona

2.8.4. LA TRANSMISIÓN SÍNCRONA

Es un método más eficiente de comunicación en cuanto a velocidad de transmisión. Ello viene dado porque no existe ningún tipo de información adicional entre los caracteres a ser transmitidos.

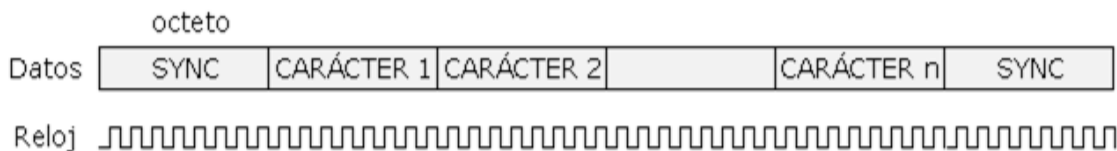


Figura 2.8.4. Transmisión Síncrona

Cuando se transmite de manera síncrona lo primero que se envía es un octeto de sincronismo (sync). El octeto de sincronismo realiza la misma función que el bit de inicio en la transmisión asíncrona, indicando al receptor que será enviado un mensaje. Este carácter, además, utiliza la señal local de reloj para determinar cuándo y con qué frecuencia será muestreada la señal, es decir, permite sincronizar los relojes de los dispositivos transmisor y receptor. La mayoría de los dispositivos de comunicación llevan a cabo una resincronización contra posibles desviaciones del reloj, cada uno o dos segundos, insertando para ello caracteres del tipo (sync) periódicamente dentro del mensaje.

Existen ocasiones en que son definidos dos caracteres de sincronismo, ello puede ser necesario si, por cualquier motivo el carácter "sync" original se desvirtuara, el siguiente permitirá la reinicialización del receptor. En segundo lugar, puede ocurrir que el equipo receptor necesite un tiempo adicional para adaptarse a la señal entrante.

Se pueden detectar errores de acuerdo a la forma de transmisión:

1. Transmisión asíncrona:
 - a. Paridad.
 - b. Sobre escritura.
 - c. Error de encuadre (framing).
2. Transmisión síncrona:
 - a. Paridad.
 - b. Sobre escritura.

Como un error en una transmisión serie solamente suele afectar a un bit, uno de los métodos más comunes para detectar errores es el control de la paridad.

El control de paridad consiste en añadir un bit, denominado de paridad, a los datos que se envían o escriben.

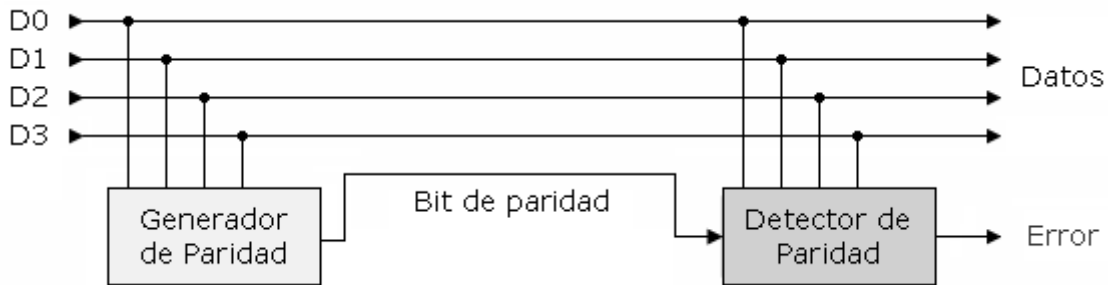


Figura 2.8.5. Control de paridad

2.9. SENSORES

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica, una capacidad eléctrica como en un sensor de humedad, una tensión eléctrica como en un termopar, una corriente eléctrica como en un fototransistor

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos y la toma de valores desde el sensor.

Las características de los sensores son:

Rango de medida, dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.

Precisión, es el error de medida máximo esperado.

Offset o desviación de cero que es valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.

Sensibilidad de un sensor, suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.

Resolución que es la mínima variación de la magnitud de entrada que puede detectarse a la salida.

Rapidez de respuesta, puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

Derivas, son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento oxidación, desgaste, del sensor.

Repetitividad que es el error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de

acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de los circuitos.

2.9.1. SENSOR MAGNETICO



Figura 2.9.1. Sensor Magnético

Los sensores de proximidad magnéticos son caracterizados por la posibilidad de distancias grandes de la conmutación, disponible de los sensores con dimensiones pequeñas. Detectan los objetos magnéticos como imanes generalmente permanentes que se utilizan para accionar el proceso de la conmutación. Los campos magnéticos pueden pasar a través de muchos materiales no magnéticos, el proceso de la conmutación se puede también accionar sin la necesidad de la exposición directa al objeto.

Basan su principio de funcionamiento en que al acercarse un imán, el sensor detecta. Internamente, poseen un reed switch, que es el que provoca la detección. Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno. Cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado. Cuando un metal es acercado al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado. La bobina, o devanado, del sensor inductivo induce corriente en el material a detectar. Estas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor, trae aparejado una disminución en la impedancia de esta.

2.10. MICROCONTROLADOR PIC16F877A

Este PIC utilizado cuenta con un puerto USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) por el cual se conecta al módulo GSM. El PIC debe tener la programación adecuada para interpretar la activación de la alarma y enviar comandos AT (Hayes) al módulo para hacer efectivo el envío del SMS. El módulo GSM se maneja por medio de comandos AT que son los enviados por el PIC y se encargan de hacer efectivo las funciones que posea el módulo, por ejemplo la de realizar llamadas, enviar SMS, consultar los parámetros del módulo, medir la señal y realizar todas las configuraciones del módulo GSM.

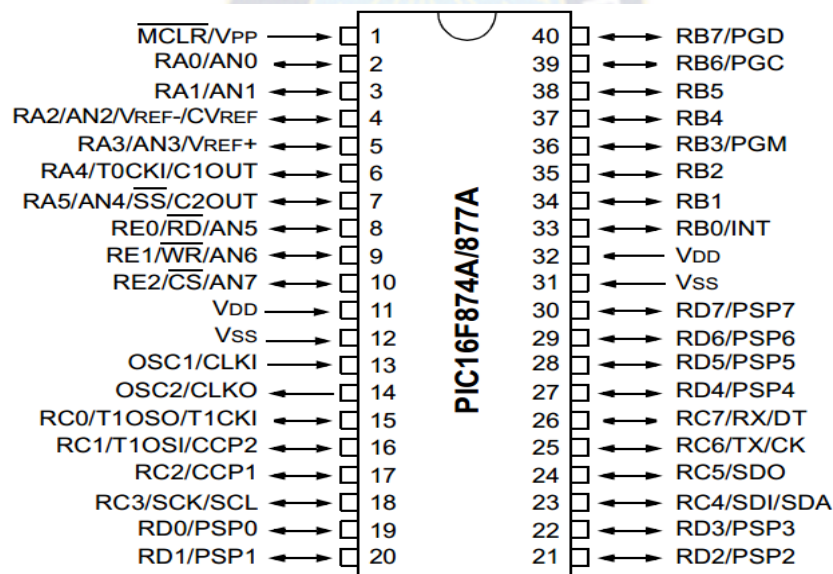


Figura 2.10. Pines PIC16F877A

2.10.1. CARACTERISTICAS DEL PIC16F877A

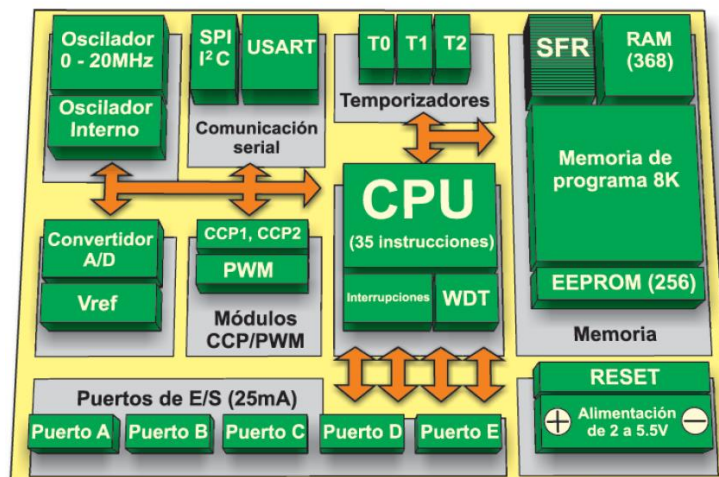


Figura 2.10.1. Arquitectura 16F877A

El PIC16F877A es un producto conocido de la compañía Microchip. Dispone de todos los componentes disponibles en la mayoría de los microcontroladores modernos. Por su bajo precio, un rango amplio de aplicaciones, alta calidad y disponibilidad, es una solución perfecta aplicarlo para controlar diferentes procesos en la industria, en dispositivos de control de máquinas, como por ejemplo para medir variables de procesos.

2.10.2. JUEGO DE INSTRUCCIONES

El PIC usa un juego de instrucciones tipo RISC, de 35 instrucciones diferentes. Las instrucciones se clasifican entre las que realizan operaciones entre el acumulador y una constante, entre el acumulador y una posición de memoria, instrucciones de condicionamiento y de salto retorno, implementación de interrupciones y una para pasar a modo de bajo consumo llamada sleep.

La arquitectura del PIC es sumamente minimalista. Está caracterizada por las siguientes prestaciones:

Área de código y de datos separadas por la Arquitectura Harvard.

Un reducido número de instrucciones de longitud fija.

Implementa segmentación de tal modo que la mayoría de instrucciones duran un tiempo de instrucción o cuatro tiempos de reloj. Pueden haber instrucciones de dos tiempos de instrucción saltos, llamadas y retornos de subrutinas y otras o inclusive con más tiempo de instrucción en PICs de gama alta. Esto implica que el rendimiento real de instrucciones por segundo del procesador es de al menos un cuarto de la frecuencia del oscilador.

Un solo acumulador, cuyo uso como operador de origen es implícito y no está especificado en la instrucción.

Todas las posiciones de la RAM funcionan como registros de origen y/o de destino de operaciones matemáticas y otras funciones.

Una pila de hardware para almacenar instrucciones de regreso de funciones.

Una relativamente pequeña cantidad de espacio de datos direccionable típicamente de 256 bytes, extensible a través de manipulación de bancos de memoria. El espacio de datos está relacionado con el CPU, puertos, y los registros de los periféricos.

El contador de programa está también relacionado dentro del espacio de datos, y es posible escribir en él permitiendo saltos indirectos.

A diferencia de la mayoría de otros CPU, no hay distinción entre los espacios de memoria y los espacios de registros, ya que la RAM cumple ambas funciones, y esta es normalmente referida como "archivo de registros" o simplemente, registros.

Los microcontroladores PIC tienen una serie de registros que funcionan como una RAM de propósito general. Los registros de propósito específico para los recursos de hardware disponibles dentro del propio chip también están direccionados en la RAM. La direccionabilidad de la memoria varía dependiendo de la línea de

dispositivos, y todos los dispositivos PIC tienen algún tipo de mecanismo de manipulación de bancos de memoria que pueden ser usados para acceder memoria externa o adicional. Las series más recientes de dispositivos disponen de funciones que pueden cubrir todo el espacio direccionable, independientemente del banco de memoria seleccionado. En los dispositivos anteriores, esto debía lograrse mediante el uso del acumulador.

Para implementar direccionamiento indirecto, se usa un registro de "selección de registro de archivo" (FSR) y uno de "registro indirecto" (INDF): Un número de registro es escrito en el FSR, haciendo que las lecturas o escrituras al INDF serán realmente hacia o desde el registro apuntado por el FSR. Los dispositivos más recientes extienden este concepto con post y preincrementos, decrementos para mayor eficiencia al acceder secuencialmente a la información almacenada. Esto permite que se pueda tratar al FSR como un puntero de pila.

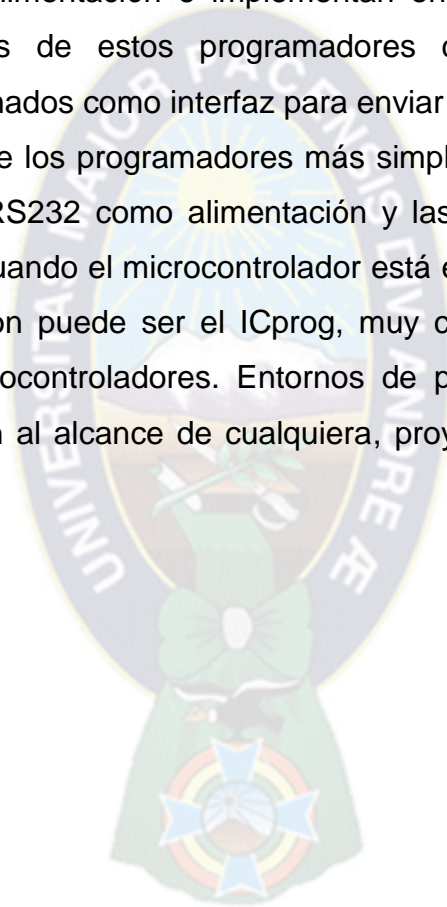
La memoria de datos externa no es directamente direccionable excepto en algunos microcontroladores PIC 18 de gran cantidad de pines.

El tamaño de palabra de los microcontroladores PIC es fuente de muchas confusiones. Todos los PICs excepto los dsPIC manejan datos en trozos de ocho bits, con lo que se deberían llamar microcontroladores de ocho bits. Pero a diferencia de la mayoría de las CPU, el PIC usa arquitectura Harvard, por lo que el tamaño de las instrucciones puede ser distinto del de la palabra de datos. De hecho, las diferentes familias de PICs usan tamaños de instrucción distintos, lo que hace difícil comparar el tamaño del código del PIC con el de otros microcontroladores. Por ejemplo, un microcontrolador tiene 6144 bytes de memoria de programa: para un PIC de 12 bits esto significa 4096 palabras y para uno de 16 bits, 3072 palabras.

2.10.3. PROGRAMACIÓN DEL PIC

Para transferir el código de un ordenador al PIC normalmente se usa un dispositivo llamado programador. La mayoría de las empresas de PICs hoy en día

incorporan ICSP (In Circuit Serial Programming, programación serie incorporada) o LVP (Low Voltage Programming, programación a bajo voltaje), lo que permite programar el PIC directamente en el circuito destino. Para la ICSP se usan los pines RB6 y RB7, como reloj y datos y el MCLR para activar el modo programación aplicando un voltaje de 13 voltios. Existen muchos programadores de PICs, desde los más simples que dejan al software los detalles de comunicaciones, a los más complejos, que pueden verificar el dispositivo a diversas tensiones de alimentación e implementan en hardware casi todas las funcionalidades. Muchos de estos programadores complejos incluyen ellos mismos PICs preprogramados como interfaz para enviar las órdenes al PIC que se desea programar. Uno de los programadores más simples es el TE20, que utiliza la línea TX del puerto RS232 como alimentación y las líneas DTR y CTS para mandar o recibir datos cuando el microcontrolador está en modo programación. El software de programación puede ser el ICprog, muy común entre la gente que utiliza este tipo de microcontroladores. Entornos de programación basados en intérpretes BASIC ponen al alcance de cualquiera, proyectos que parecieran ser ambiciosos.



CAPITULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1. INGENIERIA DE PROYECTO

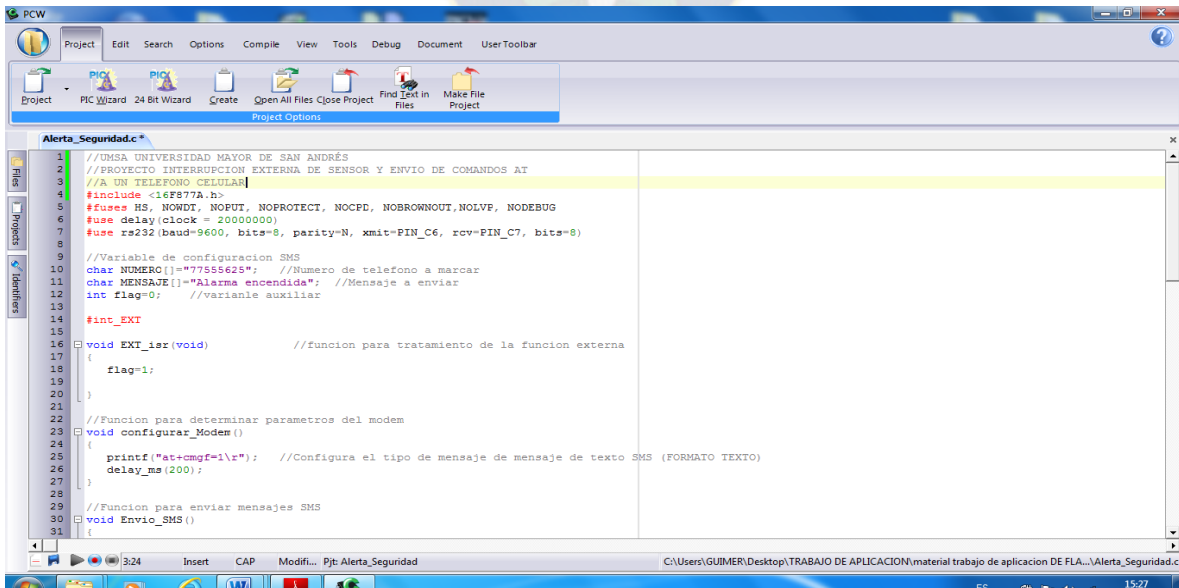
La base de funcionamiento del presente proyecto es el dimensionamiento lógico de programación del microcontrolador, lo cual se consigue gracias a los distintos tipos de software para programación de microcontroladores PIC existentes.

3.1.1. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

El lenguaje de programación que se utilizó para el funcionamiento lógico del microcontrolador es el lenguaje C debido a su amplia versatilidad, su simplicidad y eficiencia, no obstante también se pueden utilizar otro tipo de lenguajes de programación como ser visual basic, Delphi, assembler.

3.1.2. COMPILADOR

El compilador empleado para el trabajo de aplicación es el PICC o PCW



```
1 //UMSA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
2 //PROYECTO INTERRUPTOR EXTERNA DE SENSOR Y ENVIO DE COMANDOS AT
3 //A UN TELEFONO CELULAR
4 #include <16F877A.h>
5 #uses HS, NOWDT, NOPUT, NOPROTECT, NOCPD, NOBROWNOUT, NOLVP, NODEBUG
6 #use delay(clock = 2000000)
7 #use rs232(baud=9600, bits=8, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7, bits=8)
8
9 //Variable de configuración SMS
10 char NUMERO[]="77555629"; //Numero de telefono a marcar
11 char MENSAJE[]="Alarma encendida"; //Mensaje a enviar
12 int flag=0; //variable auxiliar
13
14 #int_EXT
15
16 void EXT_isr(void) //funcion para tratamiento de la funcion externa
17 {
18     flag=1;
19 }
20
21
22 //Funcion para determinar parametros del modem
23 void configurar_Modem ()
24 {
25     printf("at+cmgf=1\r"); //Configura el tipo de mensaje de mensaje de texto SMS (FORMATO TEXTO)
26     delay_ms(200);
27 }
28
29 //Funcion para enviar mensajes SMS
30 void Envio_SMS ()
31 {
```

Figura 3.1.2. Compilador PCW

Existen una variedad de compiladores que son necesarios para generar archivos y en especial un archivo hexadecimal que será grabado en el microcontrolador, entre los más conocidos tenemos al MICROC, MICROBASIC y el PCW.

3.1.3. DIAGRAMA DE FLUJO

Primero analizamos la secuencia de pasos que debe seguir el microcontrolador, esto en función al procedimiento de ejecución del proyecto.

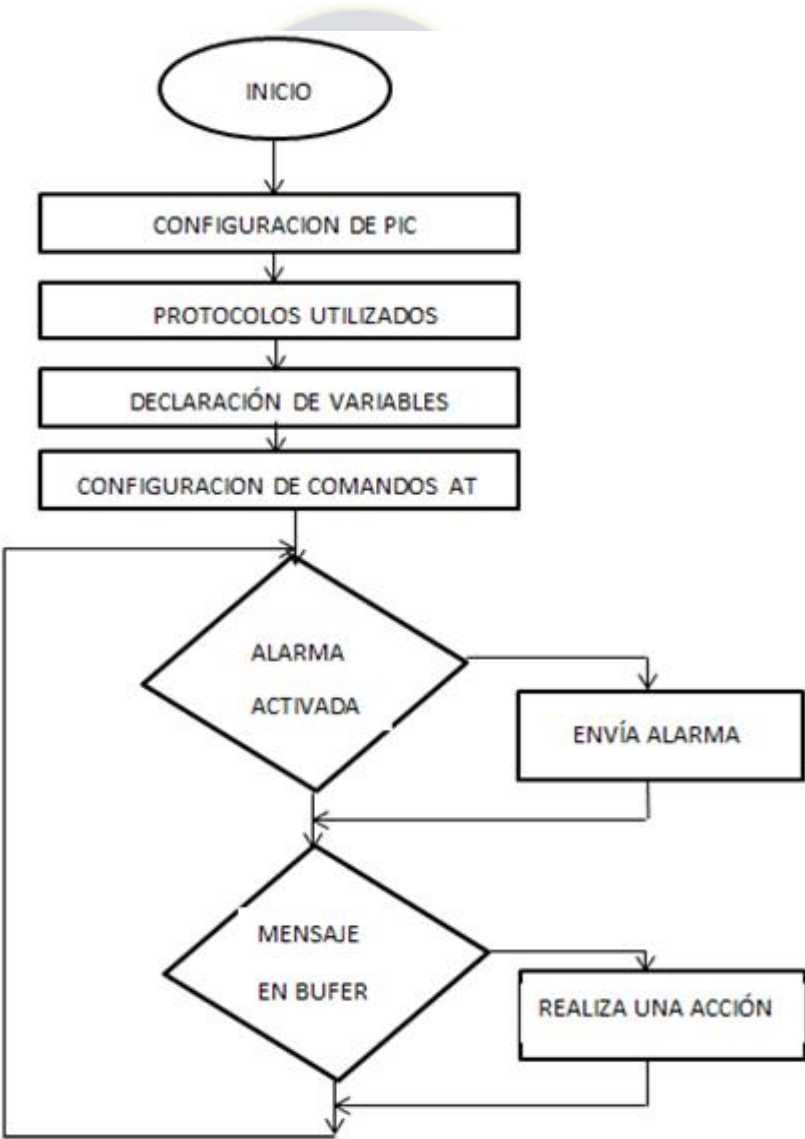


Figura 3.1.3. Diagrama de flujo

3.1.4. DESARROLLO DE CODIGO FUENTE

Se presenta el desarrollo del código en el anexo I.

3.1.5. SOFTWARE PROGRAMADOR

Para transferir el código de la computadora al microcontrolador se utilizó el programador PICKIT el cual es un equipo compuesto por hardware y software que trabajan en conjunto y soportan una amplia gama de microcontroladores.

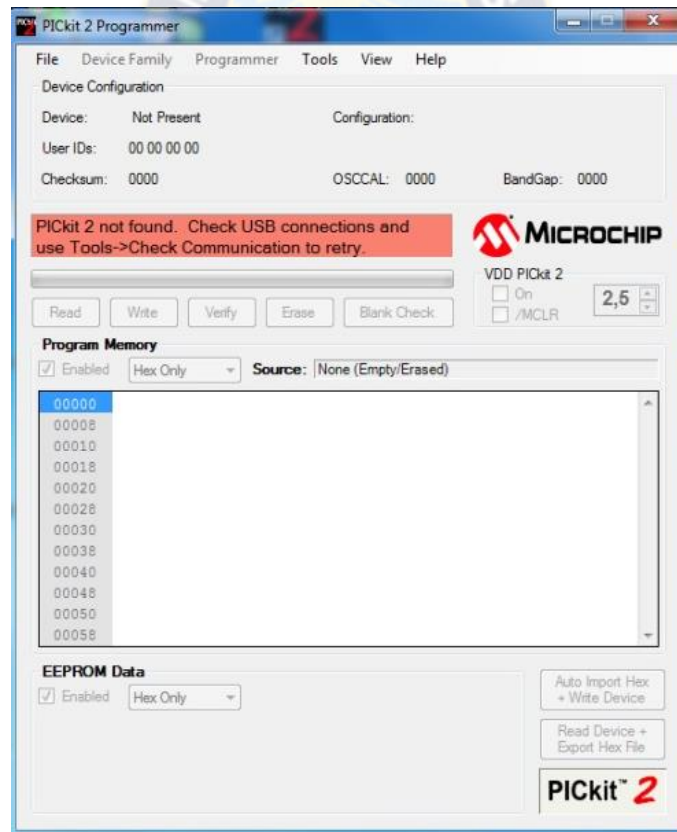


Figura 3.1.5. Grabador Pickit 2

3.1.6. MODEM GSM MOTOROLA C261



Figura 3.1.6. Motorola C261

El Motorola C261 es un teléfono celular de diseño simple, excelente calidad y facilidad de uso que permite al usuario controlar las funciones del dispositivo mediante comandos AT que es la interfaz de comunicación con el módem. Este teléfono puede interactuar con otros dispositivos electrónicos por medio de su puerto mediante comunicación serial, para el envío de información a través de SMS o llamadas de una red celular GSM.

Red	
- Frecuencia de red	Doble banda GSM 900 / 1800 MHz
- Codificación de voz	(EFR, HR, FR, AMR)
- Tarjeta SIM	plug-in 1.8 / 3V
Especificaciones técnicas	
- Peso	91 gr.
- Volumen	73 cm ³
- Dimensiones (LxAxA)	109.9 x 49.9 x 14.9 mm
Batería	
- Batería estándar	Li-on 820 mAh
- Tiempo en espera	Hasta 660 horas
- Tiempo de conversación	7 horas según red
CARACTERISTICAS	
- GPRS	CLASE 8 (4+1 SLOTS)
- Velocidad de datos	32-40 KBPS
- Mensajería	SMS, MMS, Email
- Modem	UART

Tabla 3.1.6 datos técnicos del Motorola C261

3.1.9. DESARROLLO PRÁCTICO EXPERIMENTAL

Se realizaron pruebas iniciales en cuanto al funcionamiento del sistema como se muestra en la figura siguiente con resultados satisfactorios.

Se observa el microcontrolador previamente programado con el código que permite la interrupción ya sea externa o de recepción en los puertos del microcontrolador, leds y salidas de relés que nos indican el funcionamiento del circuito y la comunicación serial entre celular Motorola C261 y microcontrolador.

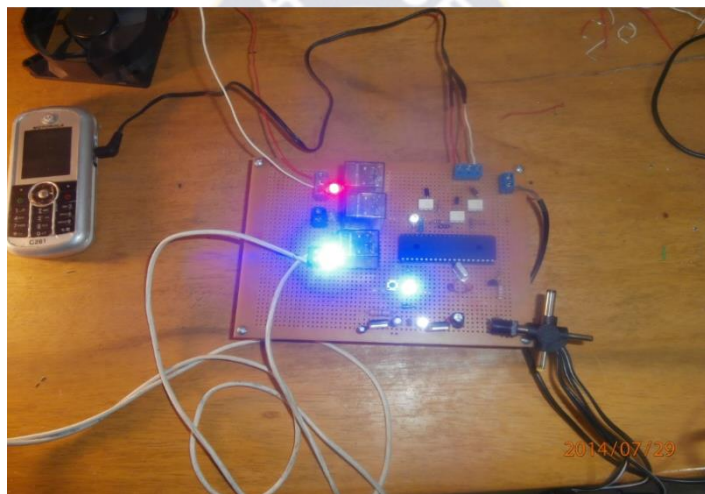


Figura 3.1.8. Conexión Celular Microcontrolador

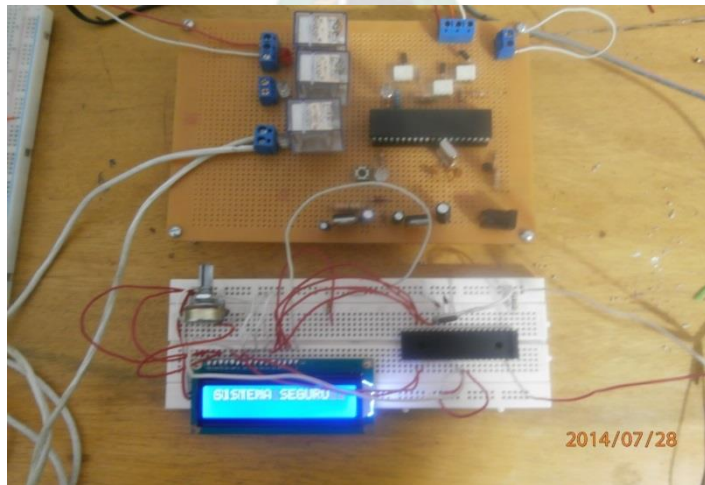


Figura 3.1.9. Pruebas CLD

CAPITULO IV

ANALISIS DE COSTOS Y PRESUPUESTO

4. ANALISIS DE COSTOS

Los costos en los cuales incurrimos para la elaboración del presente proyecto de grado se detallan a continuación.

4.1. COSTOS DIRECTOS

4.1.1. COSTOS DE SENSORES Y COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Nro	DETALLE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
1	PIC16F877A	1	50	50
2	MAX232	1	6	6
3	DISPLAY LCD 16	1	70	70
4	CRISTAL 20Mhz	1	10	10
5	PULSADOR	1	2	2
6	RESISTORES	12	0.30	3.60
7	CAPACITORES	10	1	10
8	DIODOS	4	1	4
9	POTENCIOMETRO	1	3	3
10	ZOCALO 40 PINES	1	4	4
11	MODEM GSM	1	150	150
12	ESPADINES	2	4	8
13	CONECTORES	6	5	30
14	RELÉ	3	6	18
15	4N25	3	5	18
16	TL7805	1	4	4
17	TL7812	1	4	4
18	REED SWITCH	1	5	5
TOTAL				399.60

TABLA 4. Costos para los componentes electrónicos

4.2. COSTOS DE DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE

El diseño de todo el sistema generó una inversión de costo, los cuales son mostrados en la siguiente tabla.

NUMERO	DETALLE	COSTO TOTAL APROXIMADO (Bs)
1	HARDWARE	400
2	SOFTWARE	500
TOTAL		900

Tabla 4.1 Costos de Diseño

Estos costos están calculados en función del rendimiento y el esfuerzo realizado así como también del tiempo de desarrollo del mismo.



CAPITULO V

CONCLUSIONES

5. CONCLUSIONES

Se logró la conexión eficiente del modem GSM hacia un teléfono celular remoto mediante comandos AT con el empleo de una adecuada programación en el microcontrolador.

Con la realización de este proyecto se logró obtener un sistema de seguridad domótica a un costo sumamente bajo, ya que empresas que proporcionan este tipo de dispositivos los facilitan a un precio sumamente elevado.

Los resultados alcanzados en las pruebas con este sistema cumplieron todas las expectativas y objetivos planteados inicialmente al proporcionar la confianza en cuanto a la seguridad.

Se recomienda la utilización de cable serial adecuado para el envío de datos entre microcontrolador y GSM ya que las señales digitales atraviesan el cable en banda base por lo tanto pueden introducir ruido y de esta forma existir fallas esporádicas en la comunicación de datos serial.

Este sistema de seguridad puede ser mejorado implementando uno o varios módulos bluetooth consiguiendo de esta forma un control inalámbrico para interiores, otra aplicación considerable es la adición de actuadores para un control de hasta 12 dispositivos externos considerando siempre el dimensionamiento lógico.

Este documento servirá para la consulta académica de estudiantes con dudas y curiosidades con respecto a la implementación del presente proyecto.

6. BIBLIOGRAFIA

Wayne Tomasi (Cuarta Edición) Sistemas de comunicaciones electrónicas.

Behrouz A. Forouzan (Cuarta Edición) Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones.

<http://galaxi0.wordpress.com/el-puerto-serial/>

<http://perso.wanadoo.es/pictob/comserie.htm>

<http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador-pic16f887/>

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

[http://www.labcenter.com/index.cfm.](http://www.labcenter.com/index.cfm)

<http://www.microchip.com>

<http://www.wmlclub.com/articulos/fundamentosgsm.html>

<http://www.amena.com/presentacion/particulares/telefonos/gprs/>

<http://www.motorola.com>

<http://es.scribd.com/doc/101172/pic16f877-en-espanol1>

<https://mega.co.nz/#!CFM2WZqI!S-2-oSd...>

<https://mega.co.nz/#!udExiCDJ!DnCz9IU...>

ANEXO I

DESARROLLO DE CODIGO FUENTE

/*

UMSA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

FACULTAD DE TECNOLOGIA

ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

//////////GUIMER RAMIREZ ZARATE//////////

*/

#include <16F877A.h>

#fuses HS, NOWDT, MCLR, NOPUT, NOPROTECT, NOCPD,
NOBROWNOUT,NOLVP, NODEBUG

#use delay(clock = 20000000)

#use rs232(baud=9600, bits=8, parity=N, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7,
stream=SERIAL_SIM900)

int d;

int const lenbuff=6; // Tamaño del buffer de recepción

int8 cbuff[lenbuff]; // Buffer de recepcion de datos serie

#int_RDA

void RDA_isr(void)

{


```
d=0;

d=getchar(SERIAL_SIM900);

cbuf[0]=cbuf[1];

cbuf[1]=cbuf[2];

cbuf[2]=cbuf[3];

cbuf[3]=cbuf[4];

cbuf[4]=cbuf[5];

cbuf[5]=d;
}

void inicia_SIM900(void)
{
    int cont;

    delay_ms(500);

    puts("A",SERIAL_SIM900);

    delay_ms(300);

    putchar(0x0d,SERIAL_SIM900);

    delay_ms(1000);

    for(cont=0;cont<5;cont++)
    {
```



```
puts("AT",SERIAL_SIM900);

delay_ms(200);

putchar(0x0d,SERIAL_SIM900);

delay_ms(200);

}

puts("AT+CMGF=1\r",SERIAL_SIM900);

delay_ms(200);

putchar(0x0d,SERIAL_SIM900);

delay_ms(300);

puts("AT+CNMI=2,2,0,0,0\r",SERIAL_SIM900);

delay_ms(200);

putchar(0x0d,SERIAL_SIM900);

delay_ms(200);

}

//////////PARA INTERRUPCION EXTERNA//////////

int flag=0; //varianle auxiliar

#include <int_EXT

void EX_isr(void) //funcion para tratamiento de la funcion externa

{
```

```
flag=1;

}

//Funcion para determinar parametros del modem

void Llamada_voz()

{

char ctrlz=26;

printf("atd77555625;\r");

delay_ms(200);

printf(ctrlz); //se realiza la llamada

delay_ms(8000);

printf("ath0\r");

delay_ms(200);

printf(ctrlz);

delay_ms(200);

}

void main()

{

//////////configuracion de registros del pic INTERRUPCION//////////

enable_interrupts(GLOBAL); //habilita interrupcion global
```



```
enable_interrupts(INT_EXT); //habilita interrupcion externa

ext_int_edge(L_TO_H); //FLANCO DE ACTIVACION ASCENDENTE

delay_ms(1000); //para estabilizar

output_high(pin_a0);
```

```
//////////PARA RECEPCION//////////
```

```
enable_interrupts(INT_RBA);

inicia_SIM900();

output_high(PIN_B7);

while (true)
{
    if(flag==1)
    {
        Llamada_voz();

        output_high(pin_b5);

        delay_ms(2000);

        output_low(pin_b5);

        flag=0;
    }
}
```



```
if(cbuff[0]=='*' && cbuff[1]=='A' && cbuff[2]=='C' && cbuff[3]=='T' &&
cbuff[4]=='1' && cbuff[5]=='*')

{

    cbuff[0]=0;

    output_high(PIN_B6);

    delay_ms(500);

}

if(cbuff[0]=='*' && cbuff[1]=='D' && cbuff[2]=='E' && cbuff[3]=='S' &&
cbuff[4]=='1' && cbuff[5]=='*')

{

    cbuff[0]=0;

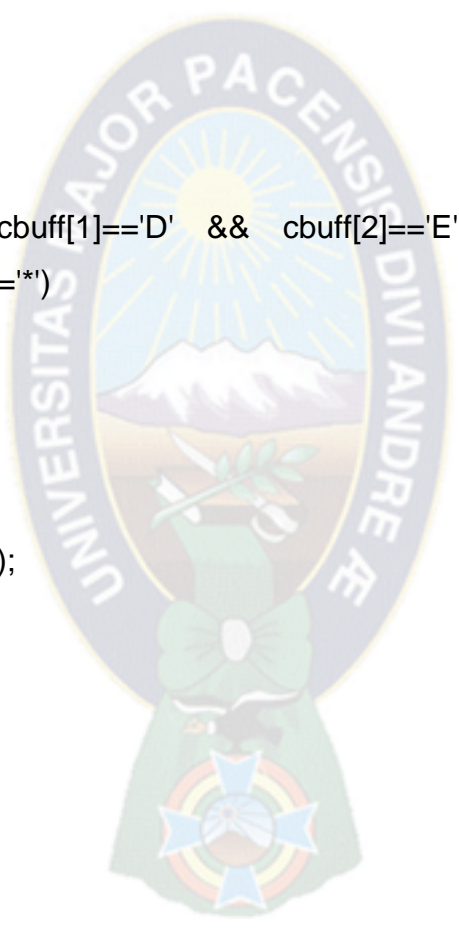
    output_low(PIN_B6);

    delay_ms(500);

}

}

}
```



ANEXO II

LISTA DE COMANDOS HAYES

AT+CGMI: Identificación del fabricante

AT+CGSN: Obtener número de serie

AT+CIMI: Obtener el IMSI.

AT+CPAS: Leer estado del modem

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

AT+CPIN: Introducir el PIN

AT+CPINC: Obtener el número de reintentos que quedan

AT+CPWD: Cambiar password

AT+CPBR: Leer todas las entradas

AT+CPBF: Encontrar una entrada

AT+CPBW: Almacenar una entrada

AT+CPBS: Buscar una entrada

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

